



UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE

DEPARTAMENTO DE DEPORTE E INFORMÁTICA

TESIS DOCTORAL:

***EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO EN ARENA SECA
SOBRE LAS VARIABLES DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO EN
JUGADORES DE BALONMANO PLAYA***

DIRECTORES DE LA TESIS:

D. EDUARDO SÁEZ DE VILLARREAL SÁEZ

D. BERNARDO REQUENA SÁNCHEZ

D. LUIS SUÁREZ MORENO-ARRONES

DOCTORANDO:

D. PEDRO BAGO RASCÓN

2015

UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE
DEPARTAMENTO DE DEPORTE E INFORMÁTICA

TESIS DOCTORAL

*EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO EN ARENA SECA SOBRE
LAS VARIABLES DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO EN JUGADORES
DE BALONMANO PLAYA*

Tesis doctoral presentada por: **Pedro Bago Rascón**

Dirigida por: **D. Eduardo Sáez de Villarreal Sáez**

D. Bernardo Requena Sánchez

D. Luis Suárez Moreno-Arrones

Los Directores

El Doctorando

EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO EN ARENA SECA SOBRE
LAS VARIABLES DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO EN JUGADORES
DE BALONMANO PLAYA

Pedro Bago Rascón

Departamento de Deporte e Informática

Universidad Pablo de Olavide

Sevilla, España



Sevilla, 2015

*A mis hijos, **Sofía** y **Jaime**,
la más bonita de las recompensas de esta vida.
A Lola, por darme y compartir a mi lado esa recompensa.
A mi familia....y a todos aquellos que os sentís un miembro más
de la misma porque, como siempre digo, la familia no la hace la
sangre sino los lazos que establecemos entre nosotros*

AGRADECIMIENTOS

La realización de esta Tesis Doctoral supone alcanzar una meta soñada hace muchos años. A los cinco o seis años de edad conocí a Manolo Rosales, que siempre será nuestro “profe”. Licenciarme en Educación Física y ser profesor de gimnasia como él se convirtió en un deseo desde entonces. Ese deseo se ha cumplido con creces muchos años después. Nunca debemos dejar de perseguir un sueño....

Quiero agradecer a Eduardo Sáez la paciencia que ha tenido conmigo a lo largo de todo este tiempo. Sé que he tardado más de lo que ambos hubiésemos querido. Unas veces las circunstancias y otras la vida familiar han ido retrasando este proyecto. Pero lo importante es que ya está realizado y que siempre has estado ahí cuando necesitaba tu consejo y, sobre todo, la guía adecuada que me situase en la dirección correcta. Gracias por todo. A Bernardo Requena y a Luis Suárez por ayudar en la difícil tarea de supervisar un trabajo sobre un deporte nuevo y del que hay escasas referencias. Gracias.

Gracias a Rafa y Sara por haber estado siempre ahí cuando os he requerido. Me habéis ayudado mucho en este proyecto. Sólo con tu presencia, Sara, el pinchazo en la yema del dedo con la lanceta parece que duele menos. Eres una gran profesional y una fantástica persona. Y Rafa, siempre tienes algún granito de arena (nunca mejor dicho) que aporta más de lo que te imaginas. Enormemente agradecido por vuestro esfuerzo.

Gracias a Paco Aguilera, Fernando Posada y Juan Carlos Zapardiel que, con la RFEBM, me han dado la oportunidad de trabajar y desarrollar un deporte tan espectacular y bonito como el balonmano playa. Su esfuerzo y dedicación son una fuente de inspiración. Intentaré estar a la altura.

Hay muchas personas, afortunadamente para mí, de los que me acuerdo llegado a este momento. Todas y cada una de ellas son importantes, aunque no sean conscientes de ello, pues han puesto un “algo” que me ha permitido realizar este sueño. De una manera u otra habéis influido en mí y en el trabajo que he realizado a lo largo de muchos años: Julio y Teresa, por que sois un referente; Popi y toda su familia por ser tan encantadores y amables conmigo; Chupi y Luja, porque me enseñasteis mucho más allá del ámbito académico: me mostrasteis una manera de ver la vida; Juan Antón, con tus clases magistrales, el análisis exhaustivo, la perseverancia y el detalle minúsculo que cimienta las bases de todo el juego de balonmano; Luis, que siempre estás ahí para una charla, un abrazo un lo que sea; a Miguel y Rocío, por los ratitos tan agradables que siempre

compartimos; Sebas y Rafi, ¿qué puedo decir de vosotros dos? Que os echo muchísimo de menos y que cada vez que nos vemos me siento realmente a gusto. Sois un ejemplo para cualquiera que pretenda ser, como se dice, *una buena persona*; nuestros amigos de Sanlúcar, especialmente Miguelete y Cristina, Tomás y Cristina, Bea y Mamé...y tantos otros que consiguen crear momentos tan agradables para compartir. En este apartado somos muy afortunados porque la lista de amigos se extiende también por Sevilla: Gracias a Auxi, Paco, Maca, Edu, Inma, Jose, Tina, Elena, Mari, Juanmi, Ruth...por los viajes, las cervecitas y alguna cosita más que, aunque parezca que no, siempre guardo y trato de llevar adelante en mi vida diaria. Gracias a los amigos del Club Las Palmeras por haberme escuchado día tras día dándoles la paliza con el tema de si finalizaba o no esta tesis (siento haber sido tan pesado). Y sobre todo gracias por esos momentos tan agradables que compartimos, por esos partidos de pádel que tanto me gustan y me disgustan cuando no hago las cosas de manera acertada. Son momentos muy especiales que con los que disfruto muchísimo.

A mi madre y hermanos. Porque detrás de cada mal día, de los momentos malos, siempre hemos encontrado algún motivo para seguir adelante. Nuestro lugar soñado, nuestro hogar se tiene que construir fundamentados en valores de esfuerzo y superación, de comprensión y amor, de tolerancia y respeto. Dejemos atrás nuestros fantasmas y el sufrimiento padecido. No lo olvidéis nunca lo afortunados que somos por tenernos los unos a los otros. Con nuestras diferencias. Con nuestras similitudes.

Todo el mundo tiene un amigo, todo el mundo tiene un motivo para seguir adelante así que, queridos míos, no me esperéis porque es un largo camino a casa. Somos muy afortunados en esta vida. Esa bandera que ondea en nuestros corazones significa muchas cosas para nosotros, cosas ciertas que están grabadas en piedra: quienes somos, lo que seremos y lo que amamos.

Os quiero.

Rafael. Loli. Me habéis acogido como si fuera un hijo. Para eso no hay palabras. Tengo la tranquilidad de una confianza absoluta en vosotros. Sé que mis hijos pueden estar con sus abuelos cuando quieran. Y que siempre estáis cuando os necesito. Recuerdo aquel miércoles de la Feria de Abril del 2008 cuando me recibisteis en Los Palillos y me hicisteis sentir como si llevara toda mi vida asistiendo a vuestra caseta y, sin embargo, era la primera vez que iba. No hay manera posible de agradeceros todo lo que habéis hecho por mí. Para compensar, sólo se me ocurre intentar ser cada día mejor padre de

vuestros nietos y mejor marido de vuestra hija. Gracias, de verdad. Desde lo más profundo de mi corazón.

Y a ti. Desde el momento que te vi lo supe. Recuerdo verte entrar a la sala y sentir algo que no alcanzo a describir. Por mi limitación para encontrar las palabras adecuadas y no saber cómo expresar lo que sentí o porque, sencillamente, ese instante se imprimió como una fotografía en mi memoria, desde entonces y para el resto de mis días. A ese momento algunos lo llaman *química*. Otros *encontrar tu media naranja*. Los más románticos *amor a primera vista*. Podríamos decir que es algo de todo. Pero, sobre todo, es que ese día de enero tuve la fortuna de conocerte. Y, poco a poco, empezó a fraguarse un sueño en mi corazón. Dejar atrás todos mis demonios y construir un futuro a tu lado. En cada sonrisa, en cada mirada de complicidad, en cada beso y en cada instante que te robé, la idea de compartir mi vida junto a la tuya, si me lo permitías, crecía como las raíces de un roble que se agarran a las entrañas de la vida para alimentarse de amor, de respeto y de la admiración que hoy en día sigo sintiendo por ti.

Pasado el tiempo tenemos un lugar al que llamamos hogar, donde crecen dos niños preciosos que son nuestros. Gracias, Lola. Gracias por Sofía y por Jaime. Gracias por que en ti encuentro argumentos diarios para seguir tratando de superarme. Porque me divierte robarte instantes que quedan guardados en mi memoria. Porque no me canso de mirarte. Por todo. Eres mi familia y mi familia es mi Norte.

Y vosotros, Sofía y Jaime, hijos míos, sólo deseo que el hombre que soy os sirva de inspiración, que los valores que rigen en nuestras vidas os guíen y os permitan llegar a ser la mujer y el hombre que queráis ser en un futuro. Que el día que estéis preparados para leer este trabajo os sintáis orgullosos de mí y sintáis que estáis viviendo la vida con plenitud. Os quiero.

RESUMEN

Esta Tesis Doctoral versa sobre el balonmano playa, respecto a sus características y la aplicación de un protocolo de entrenamiento pliométrico en arena seca que mejora en pocas semanas la potencia de fuerza de las piernas que, a su vez, implica mejoría en diferentes parámetros que pueden determinar la capacidad de rendimiento en jugadores de balonmano playa. También se estudia si el entrenamiento pliométrico en arena seca utilizado en balonmano playa puede aplicarse en una pretemporada de balonmano regular para mejorar diferentes variables de resistencia, velocidad y agilidad, altura de salto y velocidad de lanzamiento, cuando, además, se sabe que el entrenamiento en arena seca tiene un menor impacto sobre el aparato locomotor que el entrenamiento en otro tipo de superficie más rígida. Los resultados obtenidos en los diferentes estudios demuestran que el balonmano playa es un deporte con un alto componente de carga anaeróbica, que la RPE o percepción subjetiva del esfuerzo es un instrumento útil para conocer el nivel de intensidad de entrenamiento de un jugador, que la mejora de la fuerza explosiva de piernas a través del entrenamiento pliométrico en arena seca mejora la altura de salto, la velocidad de desplazamiento con cambio de dirección (agilidad), la capacidad de resistencia a un esfuerzo incremental de carrera continua y la velocidad de lanzamiento específico reduciendo, muy probablemente, el daño a nivel muscular y articular con respecto a una superficie rígida.

ABSTRACT

This PhD Thesis is on the beach handball, about its characteristics and the application of a protocol of plyometric training in dry sand which improves power leg strength, which can be applied in different training parameters that can determine the performance in beach handball players in a few weeks. It also examines whether plyometric training in dry sand can be applied in a regular handball preseason to improve different variables of strength, velocity and agility, jump height and throw velocity, when, in addition, it is known that training in dry sand has a lower impact on the locomotor training than in other firm surface. The result shows that beach handball is an aerobic and anaerobic sport. RPE or Rating of Perceived Exertion is an useful instrument to know the intensity level of players training; explosive leg strength increase through plyometric training in dry sand improve jump height, change of direction velocity (agility), endurance on incremental and continuous running speed and reducing specific release, most likely, damage to the muscle and joint relative to a rigid surface.

ABREVIATURAS UTILIZADAS

BMP: Balonmano playa

BM: Balonmano

EP: Entrenamiento pliométrico

PT: Pliometría (*pliometric*)

RPE: Percepción subjetiva del esfuerzo

mmol: milimol

l: litro

km/h: kilómetros por hora

ppm: pulsaciones por minuto

t': tiempo

FC: frecuencia cardíaca

VO₂max: Consumo máximo de oxígeno

CCI: Coeficiente de correlación intraclass

GC: Grupo control

GE: Grupo experimental

SJ: Squat Jump

CMJ: Contramovimiento

CG: Control group

EG: Experimental group

HB: Handball

BH: Beach handball

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: Marco teórico.....	3
1.1. Marco teórico. Origen de la Problemática Objeto de Estudio.....	4
1.2. Estado actual de conocimientos sobre la Problemática Planteada	7
1.2.1. Características y exigencias físicas en el balonmano actual	7
1.2.2. Características y exigencias físicas en el balonmano playa actual.....	9
1.2.3. El trabajo físico en la arena seca: Incremento del esfuerzo con respecto a superficies rígidas.....	12
1.2.4. Factores determinantes del rendimiento en arena seca.....	14
1.2.4.1. La Course-Navette como test de potencia aeróbica.....	14
1.2.4.2. El lactato como limitador del rendimiento físico.....	15
1.2.4.3. La relación entre la RPE, la frecuencia cardíaca y la intensidad de esfuerzos en arena seca	18
1.2.4.4. La potencia como factor determinante del rendimiento en el balonmano.....	20
1.2.4.5. El entrenamiento pliométrico.....	22
1.2.4.5.1. El entrenamiento pliométrico en el balonmano	25
1.2.4.5.2. Las acciones de fuerza, la pliometría y la velocidad de desplazamiento aplicadas en arena seca.....	26
1.3. Bibliografía.....	30
CAPÍTULO 2 : Problema e hipótesis	44
2.1. Formulación del problema.....	45
2.2. Objetivos generales.....	47
2.3. Objetivos específicos.....	47
2.4. Hipótesis	49
2.4.1. Estudio 1	49
2.4.2. Estudio 2.....	50
2.4.3. Estudio 3.....	51
2.5. Estudios a desarrollar.....	51
2.6. Bibliografía	52
CAPÍTULO 3: Estudio 1. Efecto de un test de carrera progresiva de 15 metros sobre la frecuencia cardíaca, lactato y percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) en jugadores amateur de balonmano playa (<i>Effects of a multistage shuttle run 15</i>	

<i>meters test on heart rate, lactate and rating of perceived exertion (RPE) in beach handball players)</i>	60
3.1. Resumen (<i>Abstract</i>)	61
3.2. Introducción.....	63
3.3. Metodología	66
3.3.1. Aproximación al problema de estudio.....	66
3.3.2. Sujetos	67
3.3.3. Procedimientos	68
3.3.4. Test de velocidad de 15m en arena seca.....	70
3.3.5. Test de resistencia (<i>15m shuttle run test</i>)	70
3.4. Análisis estadístico	72
3.5. Resultados	72
3.5.1. Test de velocidad de 15m en arena seca	72
3.5.2. Test de resistencia (<i>15m shuttle run test</i>)	73
3.6. Discusión	75
3.7. Bibliografía	84
CAPÍTULO 4: Estudio 2. Efectos de la aplicación de un entrenamiento pliométrico combinado con sprint en arena seca sobre parámetros determinantes del rendimiento en jugadores de balonmano playa (<i>Effects of plyometric and sprint training on sand on physical and technical performance in beach handball players</i>)	88
4.1. Resumen (<i>Abstract</i>)	89
4.2. Introducción	91
4.3. Metodología	94
4.3.1. Aproximación al problema de estudio	94
4.3.2. Sujetos	95
4.3.3. Test y mediciones	95
4.3.4. Métodos de entrenamiento	102
4.4 Análisis estadístico	103
4.5. Resultados	103
4.6. Discusión	107
4.7. Bibliografía	115
CAPÍTULO 5: Estudio 3. Estudio del efecto comparativo de cinco semanas de entrenamiento pliométrico combinado con sprint en arena seca durante una pretemporada sobre parámetros de rendimiento físico en jóvenes jugadores de	

balonmano y balonmano playa (<i>Comparative effects study of five weeks pre-season plyometric and sprint training on sand on tehcnical skill performance in handball and beach handball youth players</i>)	122
5.1. Resumen (<i>Abstract</i>)	123
5.2. Introducción	126
5.3. Metodología	126
5.3.1. Aproximación al problema de estudio	126
5.3.2. Sujetos	128
5.3.3. Test y mediciones	129
5.3.4. Métodos de entrenamiento	135
5.4. Análisis estadístico	136
5.5. Resultados	137
5.6. Discusión	140
5.7. Bibliografía	149
CAPÍTULO 6: Conclusiones generales	155
CAPÍTULO 7: Limitaciones de la tesis	163
CAPÍTULO 8: Aplicaciones prácticas	166
CAPÍTULO 9: Futuras líneas de investigación	169
ANEXOS	172
Anexo I: Consentimiento voluntario de los sujetos experimentales.....	173
Anexo II: Cuestionario sobre lesiones.....	174
Anexo III: Ficha de datos personales	175
Anexo IV: Entrenamiento pliométrico Estudio 2	176
Anexo V: Entrenamiento pliométrico Estudio 3	176

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Medidas antropométricas jugadores Cto. del Mundo 2013.....	9
Tabla 2. Diferencias entre el balonmano y el balonmano playa.....	64
Tabla 3. Gasto energético en arena seca según diferentes estudios.....	66
Tabla 4. Producción de lactato en diferentes deportes colectivos	67
Tabla 5. Datos de los sujetos experimentales del Estudio 1	68
Tabla 6. Características 15m shuttle run test	71
Tabla 7. Resultados del test de velocidad del Estudio 1	72
Tabla 8. Resultados del 15m shuttle run test del Estudio 1	74
Tabla 9. Estadísticos descriptivos del Estudio 1	75
Tabla 10. Datos sujetos experimentales del Estudio 2	95
Tabla 11. Protocolo de entrenamiento pliométrico del Estudio 2	103
Tabla 12. Resultados del Estudio 2	105
Tabla 13. Correlaciones entre variables (1) del Estudio 2.....	106
Tabla 14. Correlaciones entre variables (2) del Estudio 2.....	106
Tabla 15. Correlaciones entre variables (3) del Estudio 2.....	106
Tabla 16. Datos de los sujetos experimentales del Estudio 3.....	129
Tabla 17. Protocolo de entrenamiento pliométrico del Estudio 3	136
Tabla 18. Resultados obtenidos en arena en el Estudio 3.....	139
Tabla 19. Resultados obtenidos en una superficie rígida en el Estudio 3	140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Terreno de juego con las dimensiones de balonmano playa	5
Figura 2. Analizador, reactivos y capilares del Estudio 1	69
Figura 3. Extracción de sangre con un capilar	69
Figura 4. Escala de Borg empleada en el Estudio 1	71
Figura 5. Colocación del receptor de un pulsómetro Polar	71
Figura 6. Gráfica de la frecuencia cardíaca del Estudio 1	76
Figura 7. Gráfica de la RPE del Estudio 1	76
Figura 8. Relaciones entre las diferentes frecuencias cardíacas	77
Figura 9. Niveles de lactato del Estudio 1	77
Figura 10. Relación entre la frecuencia cardíaca y el lactato en el Estudio 1	78
Figura 11. Relación entre RPE y frecuencia cardíaca máxima	78
Figura 12. Correlaciones (1).....	79
Figura 13. Correlaciones (2).....	79
Figura 14. Correlaciones (3).....	79
Figura 15. Gráfico del circuito para el test de agilidad de 10m.....	98
Figura 16. Sujeto experimental realizando el test de velocidad	99
Figura 17. Sujeto experimental realizando el test de agilidad.....	100
Figura 18. Sujeto experimental realizando uno de los test de lanzamiento.....	101
Figura 19. Sujetos realizando el 15m shuttle run test.....	131
Figura 20. Test de salto vertical del Estudio 3	131
Figura 21. Test de velocidad del Estudio 3	132
Figura 22. Test de agilidad del Estudio 3	134
Figura 23. Test de lanzamiento con tres pasos	134
Figura 24. Test de lanzamiento spin-shot.....	134

INTRODUCCIÓN

El balonmano playa surgió entre finales de los años 80 y principios de los 90 del siglo pasado en países con poca tradición en balonmano como Italia y Holanda. 30 años después, se ha convertido en una modalidad deportiva practicada por más de 400.000 personas en los 5 continentes, principalmente durante la época estival. Por ser relativamente joven, hay muy poco investigado de un deporte que celebra campeonatos continentales y mundiales, que está reconocido de manera oficial por la IHF y las federaciones continentales, que forma parte del programa oficial de los World Games y que se pretende que forme parte del programa olímpico como deporte de exhibición en próximos JJOO. De hecho, en el pasado mes de julio de este año 2015, se realizó una exhibición en Lausana, en la sede del COI, en la que participaron varios de los mejores jugadores/as del mundo para mostrarles a los miembros de este organismo la espectacularidad de esta modalidad deportiva y la cada vez más repercusión que el balonmano playa tiene en la sociedad. A modo de ejemplo, la emisión de las semifinales y finales del IX Campeonato de Europa celebrado recientemente en la localidad gerundense de Lloret de Mar fue seguida por el canal Teledeporte por una media de 450.000 personas, lo que nos da una muestra del seguimiento que el balonmano playa tiene.

Por tanto, el impacto cada vez mayor del balonmano playa en la sociedad nos obliga como especialistas en la materia a desarrollarlo y a tratar de aportar información que, desde la base del conocimiento científico, sirva a todos aquellos que la necesiten. Llegado a este punto, todo deseo de conocimiento surge de la observación y la experiencia. Tras años de dedicación al balonmano playa en las facetas de, primero jugador y luego técnico del Equipo Nacional creo que es muy importante comenzar a profundizar un poco más en las cuestiones relativas a todo lo que sucede durante un encuentro y que nos plantean dudas como estas: ¿qué tipo de esfuerzo implica jugar al balonmano en la arena seca?; ¿Cómo responde nuestro organismo a ese esfuerzo?; ¿Qué cantidad de trabajo físico hay que realizar y de qué tipo para optimizar el rendimiento?...

En esta Tesis Doctoral se exponen planteamientos concretos en los que se abordan algunos de los problemas propuestos para la mejora del rendimiento deportivo en el balonmano playa centrándome en acciones específicas y aspectos determinantes para el juego como son la resistencia a la fatiga, la velocidad de desplazamiento, la velocidad de lanzamiento y la altura de salto.

Dado que el campo de estudio de esta problemática es, en la actualidad, escaso y poco investigado, será abordado mediante el análisis de diferentes variables determinantes para el rendimiento: a) Efecto de un test de carrera progresiva de 15 metros sobre la frecuencia cardíaca, lactato y la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) en jugadores amateur de balonmano playa.; b) Efectos de la aplicación de un entrenamiento pliométrico en arena seca sobre la velocidad de desplazamiento, el salto vertical, la agilidad, el test de carrera progresiva de 15 metros y la velocidad de lanzamiento específico en jugadores de balonmano playa; c) Efecto comparativo de un entrenamiento pliométrico en arena seca y superficie dura sobre el rendimiento en jugadores amateur de balonmano.

CAPÍTULO 1: Marco Teórico.

1.1. Marco teórico. Origen de la problemática del objeto de estudio

Cada vez son más las modalidades deportivas que se desarrollan en la playa, utilizando la arena seca como superficie de juego. En los últimos años, estos deportes han alcanzado un mayor protagonismo y destacan, de entre todos ellos por su mayor progresión, el balonmano playa (BMP).

El BMP vive en la actualidad un momento de valoración muy positivo para que se afiance como modalidad deportiva dentro de la sociedad. Cada vez más en auge, el BMP está siendo fuertemente promocionado por organizaciones de nivel internacional como la Federación Internacional de Balonmano (IHF), la Federación Europea de Balonmano (EHF) y el Comité Olímpico Internacional (COI). Entre estas medidas de promoción, destacamos que la Comisión Internacional de Balonmano Playa de la IHF ha propuesto la organización de un Campeonato del Mundo sub-17 para una generación que pueda participar en los JJ.OO. de la Juventud de Buenos Aires en el 2018 para, en palabras del Presidente de la IHF “(...) mostrar al mundo el atractivo que tiene” y, por último, el BMP formará parte del programa de los I Juegos del Mediterráneo de Playa en Pescara (Italia).

El BMP es una adaptación a la arena del balonmano “a 7” convencional o balonmano indoor (BM). Su origen lo podemos situar a finales de los años 80 en Italia y Holanda (Lara, 2011). De forma oficiosa, los orígenes del BMP lo encontramos en el año 1992 en “*un documento del C.O.B.H. (Comité Organizador del Balonmano Playa), por iniciativa de la F.I.G.H. (Federación Italiana de Balonmano) [...] que lleva a establecer las primeras reglas [...]*” (Antón, 2001). “*En 1993 Italia organiza el I Campeonato Internacional de Bm-Playa [...]*. Esta modalidad comienza a expandirse rápidamente por países del área mediterránea así como en las playas de Río de Janeiro en Brasil y en la provincia de Río Negro en Argentina (Antón, 2001). En nuestro país, desde mediados de los años 90, se celebra cada verano el Campeonato de España y en el año 2007 se creó la ASEBAP (Asociación Española de Balonmano Playa), que organiza un Tour de torneos por diferentes ciudades de España. El auge y la aceptación popular de esta modalidad hicieron que en el año 2000 se celebrara en

Gaeta, Italia, el primer Campeonato de Europa de Selecciones Nacionales. En agosto de 2001 en Akita (Japón), el BMP formó parte como deporte de exhibición en el programa de los Juegos Mundiales (World Games). En la actualidad, se llevan celebrados 9 campeonatos de Europa, 6 campeonatos mundiales y el BMP está incluido en el programa oficial de los mencionados Juegos Mundiales. También se disputa el Campeonato de Europa de Clubes y existe el European Beach Handball Tour (EBT), torneo internacional que se celebra en diferentes sedes europeas y que está organizado y apoyado por la European Handball Federation (E.H.F.) (www.eurohandball-beachtour.com).

El BMP cuenta con un número aproximado de 400.000 jugadores en todo el mundo (Lara, 2011) que combinan la temporada de invierno con la de verano, siendo uno de los deportes con más peso para incorporarse al Programa Olímpico del Comité Olímpico Internacional (COI). El Consejo Superior de Deportes (CSD) concede la consideración de Deportistas de Élite a aquellos jugadores o jugadoras que participen en eventos internacionales con la Selección Española de la Real Federación Española de Balonmano (RFEBM), teniendo esta institución en su organigrama un área exclusiva para el BMP.

El BMP se desarrolla en un terreno de juego de arena seca, con un espesor mínimo de 40cm, ligeramente regada si la temperatura de ésta es elevada y, generalmente, al aire libre. Las dimensiones de la pista la podemos ver en la fig.1.

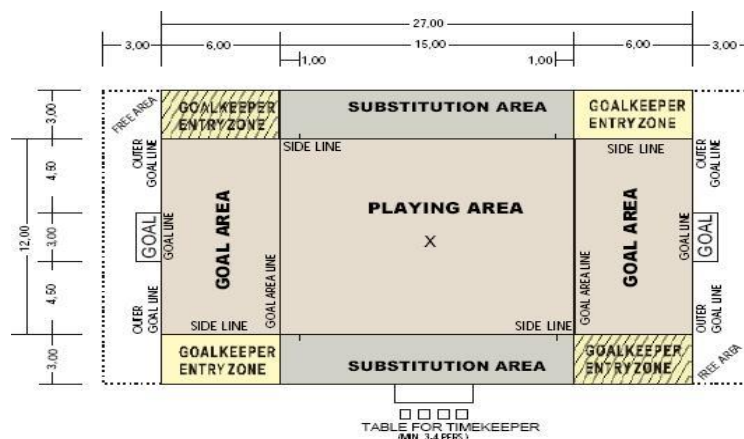


Figura.1: Terreno de juego de BMP y dimensiones de la misma. Cada equipo tiene una línea de banda para la realización de sustituciones.

Se enfrentan dos equipos formados por 8 jugadores cada uno, participando 4 contra 4 a la vez, de los que uno debe ser obligatoriamente portero, también conocido como *jugador especialista* o “*specialist player*”. Una de las diferencias principales con relación al BM en pista se encuentra en el valor de los goles que, en función de cómo se consiguen pueden valer 1 ó 2 puntos. Así, los goles obtenidos a través de un “*flight*” o “*colgada*” tendrán un valor doble. Los goles que se consigan realizando un giro de 360° en el aire antes del lanzamiento (“gol espectacular” o “*spin shot*”) también tendrán valor doble. De igual manera valdrán dos puntos aquellos goles logrados por el portero y el *jugador especialista*, que vestirán de igual manera entre ellos pero distintos al resto de sus compañeros, para diferenciarse.

Otra de las diferencias fundamentales y que repercute directamente en la dinámica del juego y en las exigencias físicas es que no existe el saque de centro tras la consecución de un gol: los saques se realizan desde el área de portería, lo que da lugar a un juego rápido, sin pausas, fluido y muy dinámico, con un intercambio continuo de acciones ofensivas y defensivas.

Cada partido se juega en 2 tiempos de 10 minutos cada uno con un descanso de 5’ entre ambos. Cada tiempo se denomina “set” y se contabilizan de manera independiente. Cada set comienza con un saque de árbitro. Para ganar el encuentro los equipos deben conseguir ganar los dos sets (2-0). En caso de empatar a un set (1-1) se juega un denominado “*shoot-out*”, por el que, a modo de tandas, cada equipo realiza 5 alternativamente lanzamientos sin oposición defensiva hacia la portería contraria partiendo desde su propia área. Cada tanto valdrá 1 punto, excepto si se consiguen de alguna de las maneras que puntúan doble anteriormente especificadas.

La filosofía del BMP se fundamenta en la idea de deporte espectáculo, de ahí que el reglamento se oriente a la búsqueda de un juego dinámico, divertido, rápido en la práctica, aspecto este que determina y condiciona significativamente la preparación física y técnico-táctica de los jugadores/as. Es por esto que, aunque está permitido, el contacto físico y el juego agresivo tan común en el BM a 7 está mucho más limitado,

en la medida que se persiguen acciones espectaculares que con un juego mucho más duro serían mucho más difíciles de realizar.

La rápida evolución de esta modalidad deportiva ha dado lugar a clara diferenciación de puestos para los jugadores, existiendo especialistas en defensa y especialistas en ataque, así como jugadores que no realizan cambios, atacando y defendiendo de manera continua durante periodos de tiempo de 6 ó 7 minutos o incluso el set completo. En un estudio sobre el análisis del juego posicional sobre datos recogidos en el European Beach Handball Tour Master Final 2011, Morillo (2015) recogió que el 69% de las situaciones del juego de ataque duraba entre 6 y 15 segundos, llegando hasta 20 segundos el 15% de ataques. El esfuerzo que se realiza es de una intensidad elevada.

Y por último señalar un aspecto muy característico del BMP: La posibilidad de que el “*jugador especialista*” obtenga 2 puntos con cada tanto que logra, independientemente de la manera como lo consiga, hace las situaciones de ataque-defensa sean siempre en desigualdad numérica: 4 atacantes contra 3 defensores (más el portero).

1.2. Estado actual de conocimientos sobre la problemática planteada

1.2.1. Características y exigencias físicas en el balonmano actual

El BM es un deporte colectivo de cooperación-oposición de los denominados de prestación mixta con un componente de contacto físico y agresividad muy elevado y en el que la condición física es la sólida base en la que fundamentar todos los aspectos técnicos y tácticos del juego. El BM moderno se juega a un ritmo y a una intensidad muy elevada, en el que *lógica interna y externa del juego (...) implica la variabilidad, el número, la frecuencia y la intensidad de innumerables estímulos que aparecen y demandan respuestas precisas e instantáneas* (Chirosa et al., 2001). Román (2007) apunta a una evolución en el juego del BM que se caracteriza por un incremento en la velocidad de las acciones, aspecto este facilitado por cambios en el

reglamento del juego como, por ejemplo, la inclusión del saque rápido de centro después de gol y *la normativa de su ejecución para acelerar el juego (...) trascendental para aumentar el ritmo de juego atacante*. Como apunta este mismo autor, *la interpretación (...) de la ley de la ventaja (...) garantiza la continuidad de juego evitando interrupciones innecesarias*. Los nuevos cambios reglamentarios ofrecen la posibilidad de inscribir a 14 jugadores por equipo que contribuye a *facilitar un ritmo continuo y elevado en el juego, a distribuir los esfuerzos (...)* Las actualizadas reglas sobre la interpretación del juego pasivo obliga a acciones de ataque mucho más rápidas, dando lugar a una filosofía de juego más dinámico y rápido. En esta línea, Aguilar *et al.*, (2012) apuntan que *ésta libertad reglamentaria en la posibilidad de cambios de jugadores durante el partido hace que la intensidad de los encuentros sea muy elevada. La lógica interna del juego hace que la naturaleza del esfuerzo que prime sea de tipo intermitente, utilizando en la mayoría de las acciones determinantes los sistemas fosfágenos*. Estos mismos autores añaden que *el jugador de BM debe estar dotado de altas prestaciones de fuerza explosiva en sus diferentes manifestaciones, junto a una gran capacidad de recuperación mediante fosforilación oxidativa en los periodos de baja intensidad*. Este incremento en el ritmo de juego obliga a los jugadores a disponer de una capacidad de resistencia muy alta en todas sus manifestaciones, tanto la aeróbica como la anaeróbica. En BM *se producen fases anaeróbicas de muy corta duración (1-3 seg.) y de gran intensidad, que suelen ser decisivas en la obtención del triunfo (desmarque, regate, centro, lanzamiento o salto), intercaladas con fases aeróbicas de recuperación* (Izquierdo *et al.*, 2006). Heredia *et al.*, (2009) apuntan al BM como una modalidad deportiva caracterizada por la realización de sprint cortos y continuos intercalados con periodos de recuperación. Doblas *et al.*, (2001) señala que en BM se combinan esfuerzos de diferente intensidad y duración –saltos, cambios de ritmo y de desplazamientos, etc.- a lo largo del encuentro y que se realizan a máxima intensidad que contrastan con pequeños momentos de descanso. Gorostiaga *et al.*, (2009) describen el BM como un deporte olímpico que *se caracteriza por rápidos desplazamientos y demandas físicas intensas. De hecho, el jugador tiene que ser capaz de realizar diferentes movimientos en muy breve espacio de tiempo y con un*

orden determinado por la situación táctica durante 60 minutos. Wallace *et al.*, (1997), en análisis de partidos de la selección española durante el campeonato mundial de 1982, señalan que se registraron niveles de lactato acumulado en los jugadores de aproximadamente 10 mmol/L y un intervalo de frecuencia cardíaca de 170-190 ppm.

Por otra parte, este elevado ritmo de juego lo realizan jugadores con unas características antropométricas grandes referidas a la altura, peso, grado de hipertrofia muscular... En la tabla 1 podemos ver la media de peso y altura de los jugadores de cada uno de los equipos que obtuvieron medalla en el Campeonato del Mundo celebrado en España en 2013:

Tabla 1: Medidas antropométricas medias de los jugadores de las selecciones que obtuvieron medalla en el mundial de BM de España, celebrado entre enero y febrero de 2013.

	ESPAÑA ORO	DINAMARCA PLATA	CROACIA BRONCE
ALTURA (cm)	191, 85	192	193, 46
PESO (kg)	94,57	94,57	93, 17

Estas características antropométricas unidas a las exigencias del juego moderno determinan que en el BM actual la fuerza y la potencia muscular se conviertan en factores de rendimiento claves en alto nivel (Cardoso, 2010). Este autor apunta de igual manera que el BM es el típico deporte de acciones explosivas en el que los jugadores deben prepararse para un continuo de sprint, saltos, cambios de dirección y lanzamientos a máxima velocidad y aplicando la máxima fuerza posible. Es decir, la potencia como combinación de fuerza y velocidad se convierte en factor clave de rendimiento en este deporte y, por tanto, también en el BM playa.

1.2.2. Características y exigencias físicas en el balonmano playa actual

El BM playa se caracteriza por jugarse en una superficie poco habitual o convencional como es la arena seca. La arena seca es una superficie de terreno blando e inestable donde el impacto del apoyo del pie se absorbe de sobremano y, por lo tanto, la impulsión y la capacidad de salto se reducen al disminuir las fuerzas reactivas que actúan sobre el organismo, en base a lo establecido en el principio de

acción-reacción de la Tercera Ley de Newton. Éste hecho provoca un mayor trabajo de la musculatura del tren inferior (T.I.), los flexores y extensores del pie, gemelos y sóleo, cuádriceps (recto anterior del fémur, recto interno, vasto lateral o externo y vasto medio o interno). La cantidad de trabajo muscular que se realiza en la arena seca es mucho mayor debido a la disipación de las fuerzas reactivas cuando el pie se apoya en la arena lo que supone un mayor esfuerzo para obtener una respuesta motriz similar a la realizada en otra superficie más rígida. *“Avanzar sobre la arena blanda de la playa es más difícil y menos eficaz que avanzar sobre un pavimento duro, pues parte de las fuerzas de acción provocan la deformación del suelo y las fuerzas de reacción que nos llegan son de menor magnitud de las que hemos aplicado”* (Izquierdo, 2008). Rakovec (2009) apunta que *“la permeabilidad de la arena en los aterrizajes absorbe y dispersa las fuerzas, lo cual resta cualquier ventaja pliométrica del ciclo de elongación-contracción”* (ciclo estiramiento-acortamiento –CEA-). Este mayor esfuerzo que debe realizar la musculatura se traduce en un aumento de la intensidad de la carga física para igual o menor volumen de trabajo lo que, desde la perspectiva fisiológica, conlleva un incremento de ácido láctico en el medio y la consecuente limitación de la capacidad de respuesta muscular. Leujeune *et al.*, (1998) demostraron que la realización de carreras en arena puede resultar en un incremento de 1,6 veces del costo energético de la carrera, es decir, que desde una perspectiva metabólica, la carrera y diferentes tipos de desplazamientos en la arena seca suponen un costo energético de aproximadamente un 60% más a la realizada en otro tipo de superficies duras como el asfalto, parquet, tartán u otro tipo de pavimentos. Pinnington *et al.*, (2001) compararon la diferencia de coste energético entre correr en arena seca y en césped a diferentes velocidades, hallando coeficientes de 1,5 y 1,4 en hombre y mujeres para esfuerzos aeróbicos en la arena respecto al césped y de 3,7 y 2,7 en esfuerzos anaeróbicos, con concentraciones superiores de lactato en sangre cuando se corre en arena seca, lo que suponen un incremento significativo en la participación del metabolismo anaeróbico.

A esta particularidad de la superficie se le une el hecho de que el BMP actual se desarrolla a un ritmo y velocidad de juego muy alto. Sin querer profundizar en este

aspecto, y tal y como ya hemos señalado, cada equipo puede inscribir a 10 jugadores por encuentro. Las selecciones nacionales con mejor ranking o palmarés internacional (Croacia, Rusia, Ucrania, España, Egipto o Brasil en categoría masculina; Noruega, Italia, Dinamarca, Croacia, España y Brasil en la femenina) realizan hasta 3 cambios de 4 posibles entre las fases de ataque y defensa. Esto nos remite a una alta especialización y a la realización de acciones de elevada intensidad durante 10-25 segundos de manera intermitente y durante periodos de 10 minutos. Lara (2011) estudió la frecuencia cardíaca en jugadoras de BM playa de nivel nacional durante la competición y concluyó que la intensidad de trabajo es vigorosa o muy vigorosa durante el 70% del tiempo, con un intervalo de 150-157 ppm de media que se corresponde con un 83% de la frecuencia cardíaca máxima (FCmáx).

De otro lado, en BMP los saltos forman parte del conjunto de habilidades motrices que se llevan a cabo de manera continua, especialmente en las acciones técnicas de lanzamientos a portería. Los tipos de lanzamientos que aparecen en el juego, a saber: en salto, en suspensión, con giro de 360° previo al lanzamiento y los “flights” suponen un esfuerzo superior al que se realiza en una superficie dura.

Una de las características propias del BMP es que se juega, de manera general, al aire libre, en playas naturales o pistas construidas para ese propósito y en época estival, con temperaturas ambientales y humedad atmosférica muy elevadas. A modo de ejemplo, en el Campeonato del Mundial que se celebró en Muscat, Omán, del 8-13 de julio del 2012, los datos históricos meteorológicos registrados para esas fechas mostraban una media de 35,2° de temperatura con una humedad relativa media del 70,5% y temperaturas diarias mínimas de 29,5°. Además, la organización de cualquier torneo de nivel nacional e internacional supone disputar del 2-3 partidos diarios. Esto implica un elevado grado de desgaste a nivel físico y psicológico dado que el incremento de la temperatura corporal y de la piel, aumenta la demanda del flujo sanguíneo hacia otras áreas del organismo, lo que limita el aporte de sangre a los músculos (Wilmore *et al.*, 1998). Sobre este aspectos, estudios recientes de entrenamiento en situaciones de calor, concluyen en que la respuesta del organismo

al esfuerzo físico en estas situaciones depende mucho del individuo y, por tanto, es muy importante conocer el gasto calórico y la respuesta fisiológica de cada sujeto expuesto a una situación de calor y humedad para evitar riesgos por sobre esfuerzos (Racinais *et al.*, 2013; Arsac *et al.*, 2013).

1.2.3. El trabajo físico en la arena seca: Incremento de esfuerzo con respecto a superficies rígidas

Existen evidencias claras de que el trabajo físico en la arena seca de playa es significativamente superior al que se realiza en una superficie dura o rígida. En la literatura encontramos estudios que comparan el esfuerzo - referido al gasto energético- que supone un trabajo físico en arena y en superficie dura. Así encontramos los siguientes:

a) Zamparo *et al.*, (1992): comparó el VO_2max , la RPE (percepción subjetiva del esfuerzo) y la frecuencia cardíaca andando y corriendo en arena seca. El estudio concluyó en que:

- caminando a 3 km/h^{-1} en arena hay un coeficiente de 1,8 en el gasto energético más que sobre superficie dura.
- independientemente de la velocidad, el coeficiente de gasto energético corriendo en arena seca es de 1,2 con respecto a una superficie dura.

b) Leujene *et al.*, (1998): Se comparó el trabajo mecánico y el coste energético que suponía caminar y correr en arena seca en relación a una superficie dura. El estudio concluyó que:

- Caminar en arena requería de 1,6 a 2,5 más trabajo mecánico que hacerlo en duro.
- Correr en arena requería sólo 1,15 más de trabajo mecánico que hacerlo en duro. Estos datos coinciden con el estudio de Zamparo *et al.*, (1992).
- Caminar en arena requiere de 2,1 a 2,7 más de gasto energético que hacerlo a la misma velocidad en una superficie dura

- Correr en arena requería 1,6 de gasto energético respecto a hacerlo en superficie dura
- El motivo de este incremento en el gasto energético fue debido a dos motivos: el trabajo mecánico hecho en la arena y una disminución de la eficiencia de trabajo positivo realizado por los músculos y tendones de las piernas.

c) Pinnington *et al.*, (2001): En dos estudios similares pero con deportistas de diferentes modalidades (modalidades de carrera en arena y corredores amateurs en superficies duras), se comparó el gasto energético corriendo en arena y en césped a diferentes velocidades de 8-11-14 km/h⁻¹ y los resultados fueron:

- coeficientes de 1,6 en el rendimiento aeróbico; 3,7 en el rendimiento anaeróbico y 1,6 en el gasto energético en la carrera a 8 km/h⁻¹ en la carrera en arena con respecto a la hierba. Estos datos coinciden con el estudio de Leujeune *et al.*, (1998).
- los deportistas que corrían en arena obtuvieron valores más bajos de lactato acumulado cuando corrieron en superficie rígida, lo que indica que correr en arena reduce la fatiga metabólica con respecto a la carrera en firme
- por otro lado, se puede deducir que correr en arena conlleva una mayor producción de lactato que incrementa el gasto energético y puede ser factor limitante del rendimiento.

d) Lara (2011): En un estudio de campo bastante revelador, este autor midió la frecuencia cardíaca en situaciones reales de juego en varios encuentros femeninos en un campeonato de España. Los resultados fueron los siguientes:

- la intensidad de trabajo es vigorosa o muy vigorosa durante el 70% del tiempo, con un intervalo de 150-157 ppm de media que se corresponde con un 83% de la FCmáx.

Por tanto encontramos evidencias bastante claras que nos demuestran que acciones motrices de desplazamientos en la arena seca suponen un esfuerzo físico mayor en

base a un mayor gasto energético, un trabajo mecánico superior a cualquier otra superficie rígida y valores de lactato en sangre que indican la presencia de metabolismo anaeróbico que puede ser limitante del rendimiento. A estos hallazgos debemos añadir las condiciones climáticas en las que se desarrolla el BMP que ya hemos referido anteriormente.

1.2.4. Factores de rendimiento determinantes en arena seca

1.2.4.1. La Course-Navette como test de potencia aeróbica

La prueba de Course-Navette (Leger *et al.*, 1982) o carrera de 20 metros en ida y vuelta es un test de aptitud cardiorrespiratoria que mide la potencia aeróbica máxima e indirectamente el VO_2max . (Jódar, 2003). Se realiza en carrera de ida y vuelta sobre una distancia de 20m siguiendo un ritmo marcado por señales acústicas en intervalos de 1 minuto. A cada minuto se disminuye el tiempo que se emplea en recorrer los 20m, es decir, se incrementa progresivamente la velocidad de carrera. Con cada señal el sujeto debe haber llegado a uno de los dos puntos separados 20m y volverse hacia el otro. El test se realiza hasta el agotamiento y en el momento en que el sujeto interrumpe la prueba se registra su frecuencia cardíaca y se calcula su VO_2max . El primer minuto se corre a 8km/h, el segundo a 9km/h y a partir de éste, la velocidad se incrementa en $\frac{1}{2}$ km/h cada minuto hasta que el sujeto se agote o hasta un máximo de 20 minutos.

La validez de los test de 20m en carrera de ida y vuelta para la evaluación del VO_2max ha sido satisfactoriamente demostrada (Poortmans *et al.*, 1986; Gadoury *et al.*, 1986; Van Mechelen *et al.*, 1986; Paliczka *et al.*, 1987; Leger *et al.*, 1988; Ahmaidi *et al.*, 1990). La influencia del lactato en los test progresivos de 20 metros en carrera de ida y vuelta y test de carrera continua progresiva ha sido comparada en múltiples investigaciones. Los niveles de lactato en el test de ida y vuelta fueron ligeramente superiores a test realizados sobre tapiz rodante en laboratorio, aunque no significativamente, con valores de 10,93 mmol/L frente a los 10,34 mmol/L (Ahmaidi *et al.*, 1992). Este estudio concluye en que la capacidad de resistencia en test de

carrera de ida y vuelta depende de la capacidad individual de un sujeto para soportar esfuerzos anaeróbicos y que es necesario conocer los niveles de lactato en sangre para compararlos con esfuerzos similares (Ahmaidi *et al.*, 1992). Ramsbotton *et al.*, (1997) estudiaron varios parámetros, entre ellos los niveles de lactato, en test de carrera de ida y vuelta sobre 20m pero ideando una intensidad superior. La concentración de lactato sanguíneo medida a los 3 minutos de recuperación posterior al esfuerzo resultó en valores de $10,8 \pm 2,13 \text{ mmol/L}$. En otro estudio, Ramsbotton *et al.*, (2001) investigaron los cambios fisiológicos, metabólicos y otros parámetros de rendimiento en tras 6 semanas de entrenamiento intensivo, evaluando los resultados con un test de carrera progresiva de 20m en ida y vuelta. Los resultados sugieren cambios en la capacidad anaeróbica, determinada por el déficit de oxígeno acumulado y el descenso del pH por el incremento de la acidez. Estos estudios confirman que los test de carrera progresiva en ida y vuelta tienen un alto componente de rendimiento anaeróbico de un sujeto y suponen en su realización un incremento del ácido láctico medido en sangre a través del lactato.

1.2.4.3. El lactato como limitador del rendimiento físico

El ácido láctico es el compuesto químico ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$) resultante de la degradación del glucógeno y la glucosa por la vía glucolítica sin presencia de oxígeno (O_2). El lactato es cualquier sal de ácido láctico cuando éste libera H^+ , ya que se disocia rápidamente (Wilmore *et al.*, 1998). Los valores en reposo de lactato en sangre suele estar aproximadamente en 1 mmol/L . La acidificación de las fibras musculares como consecuencia de la acumulación de ácido láctico inhibe una mayor descomposición del glucógeno porque dificulta la función enzimática glucolítica y reduce la capacidad de combinación del calcio de las fibras musculares, impidiendo la activación muscular (Wilmore *et al.*, 1998). La concentración muscular de ácido láctico contribuye a acidificar el músculo y la sangre ya que se inhibe la función enzimática de la fosfofructokinasa a fin de que la acidez (pH) no caiga por debajo de la tasa compatible con la vida (Billat, 2003). Con el descenso del pH y el aumento de la acidez muscular la troponina es inhibida por lo que no se lleva a cabo el complejo

actina-miosina responsable de la contracción muscular (García, 2003). Luego el lactato acumulado en el medio, si no es transportado o metabolizado por parte del organismo es un factor limitador de fatiga. Sin embargo, el ácido láctico puede ser retirado por el hígado de los músculos que lo producen a través del ciclo de Cori y por el corazón que posee una isoenzima de la lactodeshidrogenasa que oxida el ácido láctico en ácido pirúvico. En estas condiciones la actividad muscular puede proseguir (Billat, 2003). Por tanto, el lactato, en tanto producto funcional de la glucólisis anaeróbica, es un referente y nos sirve como testigo indicador del proceso anaeróbico que está teniendo lugar durante el trabajo físico.

En la literatura hemos encontrado diferentes estudios realizados en deportes de los denominados de cooperación-oposición de prestación mixta como baloncesto, voleibol, fútbol, fútbol-sala o rugby que confirman este hecho. González *et al.*, (2002) encontraron diferentes niveles de concentración de lactato según puestos específicos en voleibol, llegando a alcanzar en momentos y jugadores concretos en un partido máximos de 11,4 *mmol/L*. La limitación en los desplazamientos y la propia naturaleza del juego en voleibol pueden ser la causa de la conclusión de este estudio de que el ácido láctico no parece ser un factor principal de fatiga en este deporte. Salinas *et al.*, (2001), en un estudio descriptivo, midieron los niveles de concentración de ácido láctico en jugadores de baloncesto durante la competición encontrando máximos de 8,9 *mmol/L* pero con diferencias muy acentuadas en función del puesto específico y razonan la concentración elevada de lactato como argumento más que suficiente para considerar la participación del metabolismo anaeróbico láctico. Ruffino *et al.*, (2003), en otro estudio descriptivo realizado en jugadores durante una competición, registraron promedios de lactato de 12,9 *mmol/L* y 14,2 *mmol/L* en la primera y segunda parte en un partido de “rugby seven”, destacando, además, que el 82% de los casos se ubicaban en las áreas de tolerancia y resistencia anaeróbica. En estudios realizados en fútbol-sala, Álvarez *et al.*, (2001) coinciden en la importante participación de la vía anaeróbica láctica y la necesidad de tolerar esfuerzos intermitentes máximos y sub-máximos con niveles medios-latos de ácido láctico. En fútbol, la participación del metabolismo anaeróbico se suele

estimar de modo indirecto a través de la concentración sanguínea de lactato siendo la concentración media alrededor de 3-5 *mmol/L* aunque las variaciones individuales pueden ser de 2 y 12 *mmol/L* (Gorostiaga, 2002). También encontramos que, dependiendo de la cantidad, la acumulación de lactato limita el rendimiento en esfuerzos comprendidos entre los 30 segundos y los 15 minutos, probablemente menos (Billat, 1996).

En base a esto podemos predecir que, por las características propias del juego de BMP, la intensidad a la que se desarrolla, entendiendo por intensidad la cantidad de trabajo por unidad de tiempo, y la naturaleza de las acciones técnicas tanto defensivas como ofensivas, la acumulación de lactato sanguíneo será un indicador de la participación para la obtención de energía de la vía anaeróbica (glucólisis anaeróbica) pudiendo ser un limitador de la capacidad de rendimiento de un sujeto y, por lo tanto, una de las causas de fatiga en los jugadores.

La acumulación de ácido láctico en el músculo es consecuencia del desequilibrio entre producción/eliminación por parte del organismo. Existen mecanismos de reconversión del lactato en piruvato gracias a la denominada “lanzadera de lactato”, lo cual resulta bastante importante para el rendimiento dado que regenera el ejercicio realizado a alta intensidad (Ruffino *et al.*, 2003). Si la intensidad del ejercicio se estabiliza, el lactato se también se estabiliza –MLSS o *maximal lactate stady state*– (Billat *et al.*, 2003) y se mantiene elevado dentro de ciertos límites. Esa estabilización tiene lugar en un intervalo de tiempo determinado. La intensidad del juego en BMP es elevada durante todo el tiempo que establece el reglamento para cada uno de los sets, que es relativamente corto (10 minutos). Esta situación, unida al esfuerzo incrementado por la superficie donde se desarrolla, nos hace pensar que la acumulación de ácido láctico interfiere con la capacidad de rendimiento de un jugador.

1.2.4.3. La relación entre la RPE, la frecuencia cardíaca y la intensidad de esfuerzos en arena seca.

En los últimos años ha aumentado el interés en la diferente interpretación subjetiva del esfuerzo físico que un sujeto está realizando en comparación con otro (Borg, 1990). La percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) es una escala creada por Gunnar Borg en 1970 que hace referencia a un trabajo muscular de gran intensidad que supone una gran tensión sobre el sistema músculo esquelético, el cardiovascular y el pulmonar (Borg, 1998). La valoración REP es una descripción del conjunto de sensaciones que se producen, y que parten de señales fisiológicas periféricas, cardiorrespiratorias y metabólicas: tensión en músculos y articulaciones, estado de los sistemas energéticos, concentración percibida del lactato, entre otras (Barrios, 2002)

La escala de Borg o RPE (Rating of Perceived Effort) establece 15 grados, desde 6 hasta 20, en la precepción subjetiva de un esfuerzo que está realizando un sujeto sobre un trabajo físico. El valor 6 se corresponde con un esfuerzo imperceptible y el valor 20 con un esfuerzo máximo. El propio creador de la escala diseñó una escala más sencilla de 10 grados en la que las expresiones verbales van ligadas a una escala proporcional cuantitativa del esfuerzo que se está realizando. Las respuestas que dan los sujetos se pueden comparar con parámetros de respuestas fisiológicas como la frecuencia cardíaca y la concentración de lactato en sangre (Borg, 1990)

En un estudio realizado para el BM (Feriche *et al.*, 2002) concluyen en que los resultados obtenidos de la buena relación entre la RPE, la frecuencia cardíaca y el $VO_2\text{max}$ establecen la RPE como un parámetro válido para el control de la intensidad del entrenamiento en deportes colectivos como el BM siempre que la intensidad del esfuerzo supere el umbral aeróbico considerando a la RPE como una alternativa a costosos y tradicionales métodos de control del entrenamiento (Feriche *et al.*, 2002).

La frecuencia cardíaca como indicador de la intensidad de trabajo de un sujeto.

La frecuencia cardíaca es el principal agente responsable del gasto cardíaco como consecuencia de la respuesta de la actividad simpática del organismo ante el incremento de la actividad física. La magnitud de la respuesta de la frecuencia depende fundamentalmente del número y tamaño de grupos musculares (López *et al.*, 2006). Es de común acuerdo considerar a la frecuencia cardíaca como parámetro que informa de la intensidad del esfuerzo (Borg, 1970). Conforme aumenta la intensidad del ejercicio el débito cardíaco aumenta en relación directa a las necesidades metabólicas del organismo (Billat, 2002). Este aumento del débito cardíaco se hace posible gracias al aumento de la frecuencia cardíaca. La frecuencia cardíaca refleja la intensidad del esfuerzo que debe hacer el corazón para satisfacer las demandas incrementadas por la actividad física y se incrementa proporcionalmente a esta intensidad. Por lo tanto, el aumento de la intensidad de un ejercicio conlleva el aumento de la frecuencia cardíaca (Wilmore *et al.*, 1998).

Se ha demostrado en deportes de prestación mixta como el fútbol-sala que frecuencias cardíacas por encima del 85% mantenidas en el tiempo implican la participación del metabolismo anaeróbico (Barbero *et al.*, 2004). Durante un test de carrera de ida y vuelta sobre 20 m de alta intensidad, las frecuencias cardíacas máximas que se registraron fueron de 181 ± 12 en mujeres (edad $23,8 \pm 5,4$) y 182 ± 12 en hombres (edad $25,1 \pm 5,5$) y, aunque los hombres realizaron en metros una distancia de carrera algo superior a las mujeres, no se encontraron diferencias significativas en las frecuencias cardíacas entre ambos sexos (Ramsbottom *et al.*, 1997). Este trabajo estudió la posible relación entre la frecuencia cardíaca con los niveles de lactato tomados en sangre. Castellano *et al.*, (2010) estudiaron la frecuencia cardíaca y los desplazamientos medidos por GPS en jugadores de fútbol-playa, concluyendo que, en un partido, más de la mitad del tiempo hay una frecuencia cardíaca en torno al 90% de la frecuencia cardíaca máxima. Existe un estudio realizado en el verano del 2010 que registró la frecuencia cardíaca durante 13 partidos de BMP a una muestra de 6 jugadoras (Lara, 2011). Los valores medios de

la frecuencia cardíaca registrados en la primera parte fueron 149.94 ± 11.96 lo que supone un 80% de la frecuencia cardíaca máxima, con una mínima de 113.20 ± 13.65 ppm y máxima 172.16 ± 9.97 ppm, mientras que en la segunda parte fueron de 156.08 ± 11.43 ppm, lo que supone un 83% de la frecuencia cardíaca de referencia, con una mínima de 125.16 ± 14.99 ppm y una máxima de 175.94 ± 8.94 ppm (Lara, 2011).

Por tanto, y aunque es un hecho sobradamente demostrado, evidenciamos que existe una correlación entre la intensidad del ejercicio y el incremento de la frecuencia cardíaca es clara.

1.2.4.4. La potencia como factor determinante del rendimiento en el balonmano

Anteriormente hemos señalado las características del BM como deporte colectivo en el que el contacto físico está permitido y, dada la ratio entre el número de jugadores de cada equipo y m^2 de superficie de juego, queda clara la importancia de las acciones explosivas para la obtención de rendimiento (Cardoso, 2010; Gorostiaga *et al.*, 2009). Ha quedado suficientemente claro que el BM es un deporte en el que la potencia muscular es uno de los parámetros físicos que más condicionan el nivel de rendimiento. Los componentes fundamentales de la potencia son la fuerza muscular y la velocidad a la que esta se desarrolle. De hecho, en el entrenamiento con cargas, la cualidad de fuerza desarrollada dependerá de la carga que se utilice y la velocidad de ejecución de esa carga, muy determinada por el número de series y repeticiones que se lleven a cabo (González-Badillo *et al.*, 1997). Dado que la potencia está ligada a la velocidad a la que se genera fuerza, la participación del sistema nervioso y los aspectos neuromusculares son fundamentales en esta manifestación de fuerza. Esto supone que el entrenamiento de fuerza explosiva produce considerables adaptaciones neurales y cambios hipertróficos que mejoran el rendimiento (Hakkinen *et al.*, 1985). Otros estudios sobre la máxima potencia muscular (Kaneko *et al.*, 1983) consideran no sólo la capacidad de generar potencia a velocidades altas sino cuando la contracción muscular es lenta. El clave, por tanto, es el control de la

potencia generada en cada repetición y que un individuo en el entrenamiento con cargas sea capaz de mantenerse dentro de un margen de intensidad óptima de trabajo (González-Badillo *et al.*, 1997). En un análisis de la curva de la potencia se puede observar que el pico de fuerza máxima se alcanza con fuerzas próximas al 30% de la fuerza máxima isométrica (FIM) y al 30% de la velocidad máxima absoluta. (González-Badillo *et al.*, 2002). Es conveniente conocer, por tanto, en qué porcentaje de 1RM se encuentra la resistencia relativa con la que se consigue la potencia máxima. (González-Badillo *et al.*, 2002). En BM la diversidad de las acciones motrices en relación a aspectos técnicos y tácticos propios de la naturaleza del juego establecen la manera en que los músculos llevan a cabo su trabajo. Por tanto, los trabajos de fuerza relacionados con el desarrollo de la potencia no debe ser restrictivo ya que las manifestaciones de la fuerza están interrelacionadas entre sí a pesar de que llevan un cierto grado de especificidad de manera inherente. Como señala González-Badillo (2006) *cualquier entrenamiento de fuerza siempre tendrá como objetivo mejorar una o varias de estas expresiones de fuerza y velocidad: la fuerza máxima, la producción de fuerza en la unidad de tiempo o la máxima potencia.*

Otro aspecto que debemos considerar con respecto a la potencia es la capacidad del sistema neuromuscular de cada individuo para generar tensión. La literatura ha demostrado claramente que las características de las fibras musculares, en función de sus propiedades contráctiles y metabólicas, así como la sección transversal, están linealmente relacionados con la cantidad de fuerza que pueden desarrollar (Finer *et al.*, 1994). Sáez de Villarreal (2007) señala que la disposición de las fibras musculares en relación al ángulo de tracción, la longitud del músculo, el ángulo de la articulación, la velocidad de contracción, dependiendo del tipo de fibra muscular ya sean de contracción rápida o de contracción lenta, pueden incidir en la manifestación de la fuerza que se aplica. Con respecto al tipo de fibras, la proporción del tipo de fibra muscular varía mucho. Los deportistas que presentan un mayor porcentaje de fibras rápidas suelen caracterizarse por producir más fuerza a cualquier velocidad de movimiento, ya sea lento o rápido (Thortensson, 1977; González-Badillo *et al.*,

1997). Por tanto, una mayor proporción de fibras rápidas supone un mayor potencial para expresar y desarrollar una mayor potencia (González-Badillo, 2006). Los registros de la actividad electromiográfica de un músculo demuestran que el entrenamiento sistemático de fuerza produce adaptaciones muy acentuadas tanto a nivel de fibras musculares como a nivel neural. Está sobradamente demostrado que la fuerza que se puede desarrollar es dependiente de la cantidad de unidades motoras y la capacidad de activación de las mismas (Sale, 1992). Se considera que la mejora de la fuerza por la actividad neural depende del incremento de la activación nerviosa, la óptima sincronización de unidades motoras y la activación conjunta de distintos grupos musculares (González-Badillo, 2006). Para el BMP, pretendemos aplicar un protocolo de entrenamiento que permita una mejora en los mecanismos neuromusculares que faciliten los procesos de reclutamiento de fibras, la frecuencia de estímulos y la sincronización de las mismas a través de la mejora de la coordinación inter e intra-muscular (activación coordinada y eficaz de músculos agonistas, antagonistas y sinergistas y la capacidad de activación entre las unidades motoras de cada fibra muscular).

1.2.4.5. El entrenamiento pliométrico

En muchas modalidades deportivas, la capacidad de salto de un atleta está íntimamente relacionada con el rendimiento. Una gran cantidad y variedad de acciones motrices técnicas propias de cada modalidad se fundamentan en la capacidad de la musculatura del tren inferior para generar la mayor cantidad de fuerza en el menor tiempo posible o, cuando menos, a la velocidad a la que se realiza el gesto deportivo. Esto es conocido como fuerza útil (González-Badillo *et al.*, 1997). El incremento de la potencia muscular del tren inferior está íntimamente relacionado con el aumento de la altura de salto (Adams *et al.*, 1992; Hakkinen *et al.*, 1985; Schmidtbleicher, 1992) que, a su vez, es muy importante para la obtención de éxito en diferentes acciones en BMP: desplazamientos, saltos, velocidad del lanzamiento...

Un método bien conocido para la mejora de la potencia muscular es el entrenamiento pliométrico (EP) (Sáez de Villarreal, 2010). El EP se refiere a aquellas acciones motrices cuyo trabajo muscular se puede secuenciar en tres fases (CEA o ciclo de estiramiento-acortamiento): una fase excéntrica, en la que el músculo se alarga absorbiendo energía mecánica. En esta fase, las cargas articulares son almacenadas en forma de energía elástica en los componentes elásticos de las unidades músculo-tendinosas (Sáez de Villarreal, 2007); le sigue una fase de amortización muy breve en la que la longitud del músculo no cambia. Esta fase es crítica ya que si se alarga en el tiempo puede suponer la pérdida de la energía elástica acumulada; y una fase concéntrica final que combina la energía elástica acumulada con la activación muscular voluntaria y reflexiva para desarrollar una vigorosa contracción muscular. El CEA maximiza la producción de fuerza muscular y mejora la eficiencia de movimientos (Wilt, 1975). La ventaja del CEA es que el músculo puede realizar una mayor cantidad de trabajo si es estirado antes de que se produzca la activación concéntrica (Sáez de Villarreal, 2007).

Tal y como establecen González-Badillo *et al.*, (1997) diferentes hechos experimentales han demostrado las siguientes características del CEA o trabajo pliométrico:

- a) en relación a la eficiencia mecánica, está demostrado que el rendimiento mecánico de la acción concéntrica es mayor en un 60% cuando previamente se realiza un CEA que cuando se realiza de modo aislado.
- b) en relación a la activación de unidades motoras, se observa que la fuerza producida por las fibras musculares inervadas es muy superior con un estiramiento previo
- c) empíricamente está comprobado que un SJ supone menor altura de salto que un CMJ, es decir, que la potencia alcanzada en los CMJ es mayor que cuando se realiza el mismo salto sin contra-movimiento (SJ).

d) hace falta una menor activación electromiográfica de los músculos cuádriceps en la fase concéntrica del CMJ para obtener la misma potencia.

El trabajo pliométrico se ha utilizado como factor de mejora de la capacidad de activación de un músculo a corto plazo. Sáez de Villarreal *et al.*, (2007) aplicaron diferentes intensidades de estímulos de calentamiento a jugadores de voleibol mediante ejercicios de contra-movimiento (CMJ) obteniendo mejoras significativas en la altura de salto en los “drop jumps” (DJ) con la aplicación de cargas que variaban entre el 80-95% de 1RM. Más recientemente encontramos en la literatura muchos estudios coincidentes en las conclusiones que refieren la mejora de la fuerza explosiva, potencia e incremento de la eficiencia motora de las extremidades del tren inferior tras la aplicación de métodos pliométricos. Muchos de estos estudios coinciden en que la combinación de cargas elevadas con métodos pliométricos incrementa el rendimiento en la fuerza explosiva en diferentes modalidades deportivas (Marina *et al.*, 2014; Ramírez-Campillo *et al.*, 2013; Hermassi *et al.*, 2011; Chelly *et al.*, 2010; Chiroso *et al.*, 2002). Los efectos del EP están sobradamente demostrados en muchos estudios. Tobin *et al.*, (2014) concluyeron en un estudio sobre post-activación en jugadores de rugby que la aplicación de series de ejercicios pliométricos producen mejoras significativas en CMJ ($p < 0.01$) y el pico de fuerza ($p < 0.01$) en todo el rango de un intervalo de descanso entre 1-5 minutos y apunta a que la realización de series pliométricas parece ser un método eficaz de aprovechar efectos de post-activación. Ramírez-Campillo *et al.*, (2013) consideran que cuando un EP se realiza sobre una superficie dura o rígida, es decir, de alto impacto en fuerzas reactivas, un volumen moderado de carga induce a estímulos óptimos para aumentar el rendimiento fuerza explosiva relacionada con el CEA, logrando una mejora en la fuerza dinámica máxima. Por lo tanto, está sobradamente y referido en la literatura que el EP implica una mejora de la potencia muscular y aplicado al tren inferior se obtienen mejoras significativas en la capacidad de salto de un deportista.

1.2.4.5.1. El entrenamiento pliométrico en balonmano

Hemos comentado que la capacidad de salto es un factor clave en la obtención de rendimiento deportivo en una gran variedad de modalidades deportivas y, también, en el BM. La altura del salto *per se* es importante para tener éxito en diferentes deportes y actividades atléticas (Sáez de Villarreal, 2007). Diferentes tipos de saltos verticales han servido como modelos para estudiar varios fenómenos biomecánicos y neurofisiológicos. Actualmente, está bien aceptado que la altura del salto es un buen predictor de la potencia muscular, y, por tanto, varias clases de saltos verticales han sido empleados como test estandarizados del rendimiento deportivo (Wilson, 1991; Bosco *et al.*, 1983; Driss *et al.*, 1998; Vandewalle *et al.*, 1987, Sáez de Villarreal, 2010). Por tanto, la capacidad de salto, la fuerza y potencia del tren inferior se convierten en elementos claves para poder rendir a alto nivel en BM y, consecuentemente, también en BMP: capacidad de desplazamiento, saltos y lanzamientos específicos con giros previos de 360°, especialmente.

Sin embargo, existen pocos estudios sobre la aplicación de EP a jugadores de BM. Marqués *et al.*, (2007) consideran que hay tres factores esenciales en la efectividad del lanzamiento en BM: aspectos mecánicos y técnicos, la coordinación de los diferentes segmentos corporales implicados y la fuerza y potencia del tren superior e inferior. Estas consideraciones las podemos hacer extensibles a la modalidad de playa. Cherif *et al.*, (2012) aplicaron un programa combinado de velocidad y pliometría a jugadores de BM masculino y obtuvieron mejoras del 2,78% en CMJ ($P=0,01$); 2,42% en CMJA ($P=0,01$) y 2,62% en DJR ($P=0,03$) y concluyeron que la aplicación de EP combinados con sprint repetidos en una misma sesión mejoran positivamente la capacidad de salto y la velocidad. Aplicado concretamente a tareas defensivas, se han encontrado mejoras significativas ($p=0,05$) en jugadores de BM utilizando métodos pliométricos. Wahab., (2010) encontraron mejoras significativas en la musculatura del tren inferior respecto al rendimiento en tareas defensivas específicas que incluían desplazamiento específicos y control en proximidad aplicando métodos que combinan el trabajo con cargas externas y pliometría. En la

misma línea, se encuentra el estudio de Chiroso *et al.*, (2002) en el que concluyen que el entrenamiento de contrastes dentro de una misma serie con cargas del 70% de 1RM y multisaltos (CEA) produce adaptaciones más rápidas en la fuerza explosiva. Otros estudios también coinciden en las ganancias de fuerza explosiva aplicadas al salto, sprint y velocidad de lanzamiento en jóvenes jugadores de BM de alto nivel introduciendo un protocolo pliométrico 2 veces por semana durante 8 semanas en la temporada deportiva (Chelly *et al.*, 2013). Este volumen de carga coincide con muchos otros estudios en cuanto al volumen de trabajo pliométrico que se aplica y la distribución semanal, 2-3 veces por semana durante 4-12 semanas, siendo 6-7 semanas el periodo de aplicación del entrenamiento que más se repite en la literatura. Aparte de los mencionados, no hemos encontrado demasiados estudios concretos sobre el efecto de un protocolo pliométrico aplicado al entrenamiento en BM y, menos aún, en BMP. Sí parece existir una relación entre la aplicación de métodos que combinan el uso de cargas elevadas con el trabajo pliométrico, tanto para la musculatura del tren superior como para la del tren inferior y la mejora de la altura del salto y la velocidad de lanzamiento en BM (Hermassi *et al.*, 2011; Chelly *et al.*, 2013; Chelly *et al.*, 2010; Chiroso *et al.*, 2002). Por lo tanto, y dadas las evidencias de los resultados en los estudios señalados, podemos suponer que la aplicación de EP es un buen método para mejorar el rendimiento en BM y, creemos, que estos métodos podemos aplicarlos de igual manera en superficies no rígidas como la arena para la mejora de la potencia muscular del tren inferior en BMP.

1.2.4.5.2. Las acciones de fuerza, potencia y velocidad de desplazamiento en arena seca

Como ya hemos señalado, la capacidad de salto es, hoy en día, factor, elemento y parámetro fundamental para la obtención de rendimiento en el BM y, así lo creemos, en la modalidad de BMP. Creemos que la aplicación de trabajos con sobrecargas y, sobre todo, la utilización de protocolos de trabajo pliométrico, supondrían una mejora en la capacidad de salto en la arena seca. Otro aspecto fundamental a tener en cuenta para el BMP es la capacidad de desplazamiento en la arena y la velocidad a la

que este desplazamiento pueda realizarse. A este respecto, Yigit *et al.*, (1998) en un estudio comparativo entre la carrera en arena seca y una superficie rígida durante 6 semanas en adolescentes y el efecto que causa sobre el incremento del tamaño del músculo concluyen que si bien el tamaño de la musculatura del muslo es mayor en ambos grupos el músculo gemelo se desarrolla significativamente más ($p < 0,05$) en los corredores en arena seca. El incremento de la masa muscular y de la potencia del tren inferior se acompaña de un aumento en la capacidad de salto y en la velocidad de contracción del músculo. La literatura científica ha sugerido que el entrenamiento pliométrico puede hacer mejorar la capacidad de velocidad, ya que la utilización del CEA durante la ejecución del CMJ muestra una relación significativa con el sprint de 30 y 40m. (Hennessy *et al.*, 2001). Sáez de Villarreal *et al.*, (2008; 2010) concluyen, en concordancia con otros estudios, que el entrenamiento con saltos horizontales y verticales no producen cambios significativos en la velocidad en 20-30m. Esto puede ser debido a la no especificidad del entrenamiento. Otros estudios (Moore *et al.*, 2005) demuestran mejoras en la velocidad en 25m después de llevar a cabo 12 semanas de entrenamiento pliométrico a través de saltos de bajo impacto. Imperizzelli *et al.*, (2008) encuentran mejoras en la velocidad de desplazamiento cuando se realiza en arena seca tras un protocolo de pliometría. Zribi *et al.*, (2014) concluye que un entrenamiento pliométrico de 2 veces por semana durante 9 semanas mejora la condición física de jugadores de baloncesto en edad puberal, incluyendo la capacidad de sprint. Chaouachi *et al.*, (2013) encontró que un entrenamiento combinado de equilibrio y pliometría mejoraba la velocidad de sprint frente a utilizar sólo pliometría como propuesta de reducción de impacto en las extremidades inferiores y supone una nueva posibilidad de entrenamiento para la mejora de la potencia. Llegados a este punto, y tal y como sugiere Sáez de Villarreal (2007), existe controversia en la literatura sobre si el entrenamiento pliométrico mejora la no la velocidad de desplazamiento. Hay autores que han hallado en sus investigaciones que el entrenamiento pliométrico puede hacer mejorar el sprint en distancias variadas (Rimmer *et al.*, 2000; Ford *et al.*, 1983; Polhemus *et al.*, 1980; Diallo *et al.*, 2001; Delecluse *et al.*, 1995; Siegler *et al.*, 2003; Wagner *et al.*, 1997). Y, por otro lado, otros autores consideran que con ejercicios pliométricos

verticales no hay un incremento significativo en la aceleración y en la velocidad (Adams *et al.*, 1991; Fry *et al.*, 1991; Wilson *et al.*, 1993). El propio Sáez de Villarreal (2007) apunta que en la literatura está que la relación entre la fuerza muscular y la capacidad de sprint no es muy concluyente ya que la naturaleza del sprint es muy variada y presenta muchos factores a considerar y no depende exclusivamente de la fuerza, tal y como apuntan Farrar *et al.*, (1987); Nesser *et al.*, (1996); Manning *et al.*, (1988), sino también de la distribución del tipo de fibra muscular (Bosco *et al.*, 1995; Farrar *et al.*, 1987), de las condiciones hormonales (Bosco, 1997), así como de factores asociados con la destreza y técnica en el sprint. Además, el estudio que pretendemos realizar se centra en el BMP y debemos considerar como variable extraña que puede alterar los resultados de las mediciones la inestabilidad de la superficie (arena seca) en los sucesivos apoyos propios de un desplazamiento a máxima velocidad lineal o con cambios de dirección. Y esta variable extraña es imposible de controlar porque la deformación de la superficie es una incógnita que estará siempre presente y que depende de factores físicos (fuerza del apoyo, ángulo de apoyo de las articulaciones del tren inferior, antropometría anatómica del pie del sujeto, tipo de pisada o apoyo...) y del estado continuamente cambiante de la arena.

Todo esto nos lleva a preguntarnos si la velocidad en distancias cortas (10-15m) y en arena seca, tanto lineal como con cambios de dirección (agilidad) mejoraría con la aplicación de un protocolo de entrenamiento pliométrico de 10-12 semanas de duración. Sáez de Villarreal (2007) señala que autores como Schmidbleicher (1985), Vittasalo *et al.*, (1981) y Grosser, (1992) entienden que la influencia de la fuerza sobre la mejora de la velocidad está muy limitada sino viene acompañada de una mejora de la fuerza máxima. Schmidbleicher (1991) diferencia entre la influencia de la fuerza máxima y la potencia, y la influencia de la fuerza máxima y la potencia en un CEA. El autor sugiere que la fuerza máxima es determinante en acciones explosivas contra cargas elevadas, pero disminuye la correlación con la potencia si la acción se realiza contra una resistencia muy baja como ocurre en la mayoría de los CEA. Imperizzelli *et al.*, (2008) en un estudio comparativo sobre la aplicación de entrenamiento pliométrico en arena seca y césped encontraron que el entrenamiento

pliométrico en la arena mejora tanto la capacidad de salto SJ ($p=0.005$) como la velocidad y produce menos daño muscular ($p<0.001$) que en el césped. Este estudio concluye con que el entrenamiento pliométrico en diferentes superficies puede estar asociado con diferentes efectos inducidos por el entrenamiento sobre algunos factores neuromusculares relacionados con el CEA. Markovic *et al.*, (2010) sugiere que el entrenamiento pliométrico a corto plazo en superficies no rígidas como la arena podría provocar incrementos en la altura de salto y en la velocidad pero con mucho menos daño muscular. Relacionado con el daño muscular, Miyama *et al.*, (2004) señala en un estudio que tras la realización de DJ a diferentes alturas hay resultados significativos ($p<0.05$) de menor daño en la musculatura del tren inferior que si el trabajo se realiza en una superficie rígida.

Por tanto, las evidencias científicas apuntan a que el incremento de la mejora de la potencia muscular a través del CEA supone mejoras en la capacidad de salto tan importante en el BMP. En Sáez de Villarreal, (2007) encontramos referencias a Hakkinen (1981), Bosco (1985) y Komi (1986), que mantienen que un excesivo entrenamiento con cargas máximas o sub-máximas conlleva un efecto paralelo sobre los dos tipos de fibras (FT y ST), disminuyendo la relación entre las secciones transversales de ambas y afectando negativamente a la velocidad de contracción y a la duración del CEA. También que los trabajos de Bosco *et al.*, (1982), Kaneko *et al.*, (1983) y Moritani *et al.*, (1987) sugieren que para mejorar la capacidad de salto se deben usar cargas que permitan desarrollar mayores niveles de potencia. Existen trabajos que determinan correlaciones significativas entre la fuerza máxima y la capacidad de salto vertical, como es el caso de Sáez de Villarreal (2005), el cual concluye que existe una correlación estadísticamente significativa ($r = 0,654$, $p<0,05$) entre fuerza máxima y salto vertical, lo que coincide con Moss *et al.*, (1997), quienes detallan que la fuerza máxima y la potencia en el salto están altamente correlacionadas ($r = 0,93$., $p < 0,01$). Por su parte, Haff *et al.*, (1997), encuentran una correlación significativa ($r = 0,70$, $p < 0,05$) entre el pico de fuerza y el pico de potencia en ejercicios de tren inferior, iguales valores que Hakkinen *et al.*, (1986) quienes indican relaciones de ($r = 0,72-0,75$; $p < 0,05$) entre el SJ y el ejercicio de

sentadilla con barra olímpica. González-Badillo *et al.*, (2008) señalan que el trabajo de saltos con cargas adicionales presentan una alta fiabilidad (CCI= 0,9 – 0,99; CV= 1,7-4,3%) pero que a medida que aumenta la carga con la que se realiza el salto se pierde fiabilidad.

1.3. Bibliografía

1. ADAMS, K., J.P. O'SHEA, K.L. O'SHEA & M. CLIMSTEIN. The effect of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production. *J. Appl. Sport Sci. Res.* 6(1): 36-41. 1992.
2. AGUILAR-MARTÍNEZ, D.; CHIROSA, L. J.; MARTÍN, I.; CHIROSA, I.J. & CUADRADO-REYES, J. Efecto del entrenamiento de la potencia sobre la velocidad de lanzamiento en balonmano / Effect of power training in throwing velocity in team handball. *Rev. Int. Med. Cienc. Act. Fís. y Deporte* vol. 12 (48) pp. 729-744. 2012
3. AHMAIDI, S., ADAM, B. & PREFAUT, C. Validité des épreuves triangulaires de course navette et de la course sur piste pour l'estimation de la consommation maximales d'oxygene du sportif. *Science Sports*, 5: 71-76. 1990.
4. AHMAIDI, S., COLLOMP, K. & PREFAUT, C. The effect of shuttle test protocol and the resulting lactacidemia on maximal velocity and maximal oxygen uptake during the shuttle exercise test. *Eur. J.App. Phis.* 65: 475-479. 1992.
5. ÁLVAREZ, J., GIMÉNEZ, L., CORONA, P. & MONONELLES, P. Necesidades metabólicas y cardiovasculares en fútbol-sala: análisis de la competición. *Apunts: Educación Física y Deportes*,. 87 (45-61), Barcelona. 2001
6. ANTÓN GARCÍA, J.L. Balonmano recreativo, para todos y en cualquier lugar. *Ed. Gymnos*, Madrid. 2001.

7. ARSAC, L., DESCHODT-ARSAC, V. & LACOUR, J.R. Influence of individual energy cost on running capacity in warm, humid environments. *Eur. J.App. Phys.* 113:2587-2594. 2013
8. BARBERO, J.C., GRANDA, J. & SOTO, V.M. Análisis de la frecuencia cardíaca durante la competición en jugadores profesionales de fútbol-sala. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 77. 71-78. 2004.
9. BARRIOS DUARTE, R. Consideraciones sobre métodos de control psicológico en el entrenamiento de resistencia. *Revista digital efdeportes*. Buenos Aires, 8, 45. 2002.
10. BILLAT, V. Fisiología y metodología del entrenamiento *Ed. Paidotribo*, Barcelona. 2003.
11. BILLAT, V. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. *Sport Medicine*, 22 (3): 157-175. Sep 1996.
12. BILLAT, V., SIRVENT, P., KORALSZTEIN, J.P. & MERCIER, J. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sport Medicine*, 33 (6): 407-26. 2003.
13. BORG, G: Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scan. Rehab. Med.* 2, 92. 1970.
14. BORG, G. Borg's perceived exertion and pain scales. *Human Kinetics*. 1998.
15. BORG, G. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scan. J. Work Env .Health*, 16 (suppl): 55-8. 1990.
16. BOSCO, C. P. LUHTANEN, & P.V. KOMI. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur. J. App. Physiol.* 50:273-282. 1983.

17. BOSCO, C., BELLI, A., ASTRUA, M., TIHANYI, J., POZZO, R., KELLIS, S., TSARPELA, O. , FOTI, C., MANNO, R. & C. TRANQUILLI. Adynamometer for evaluation of dynamic muscle work. *Eur. J.Appl. Physiol.* 70:379–386. 1995.
18. BOSCO, C., I. TARKKA & P.V. KOMI. Effect of elastic energy and myoelectrical potentiation of triceps surae during stretch-shortening cycle exercise. *Int. J. Sports Med.* 3(3):137-140. 1982a.
19. BOSCO, C., TIHANYI, J., PUCSPK, J., KOVACS, I., GABOSSY, A., COLLI, R., PULVIRENTI, G., TRANQUILLI, C., FOTI, C., VIRU, M. & VIRU, A. Effect of oral creatine supplementation on jumping and running performance. *Int. J. Sports Med.* 18(5):369-72. Jul. 1997
20. CARDOSO, M. In-season strength and power training for profesional male team handball players. *Strength and Cond. J.* 32. 6. Dec. 2010
21. CASTELLANO, J. & CASAMICHANA, D. Heart rate and motion analysis by GPS in beach soccer. *J. Sports Science Med.*, 9 (98-103). 2010.
22. CHAOUACHI, A., BEN OTHMAN, A., HAMMAMI, R., DRINKWATER, E.J. & BEHM, D.G. The combination of plyometric and balance training improves sprint and shuttle run performances more often than plyometric-only training with children. *J. Strength Cond. Res.* 28(2): 401-412. 2014
23. CHELLY, M.S., GHENEM, M.A., ABID, K., HERMASSI, S., TABKA,Z. & SHEPHARD, R.J. Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump- and sprint performance of soccer players. *J. Strength Cond. Res.* 24(10): 2670-6. 2010
24. CHELLY, M.S., HERMASSI, S. & SHEPHARD, R.J. Relationship between power and strength of the upper and lower limb muscles and throwing velocity in male handball players *J. Strength Cond. Res.* 24 (6) 1480-7. Jun 2010.

25. CHELLY, M.S., HERMASSI, S., AOUADI, R., SHEPHARD, R.J. Effects of 8-weeks in-season plyometric training on upper and lower limb performance of elite adolescent handball players. *J. Strength Cond. Res.* Oct. 2013
26. CHERIF, M., SAID, M., CHAATANI, S., NEJLAOUI, O., GOMRI, D. & ABDALLAH, A. The effect of a combined high-intensity plyometric and speed training program on the running and jumping ability of male handball players. *Asian J. Sports Med.* 3(1):21-8 2012 Mar. 2012
27. CHIROSA RÍOS, L.J & VICIANA RAMÍREZ, J. El entrenamiento integrado en deportes de equipo. Universidad de Granada, Granada. 2001
28. CHIROSA, L.J.; CHIROSA, I.J.; REQUENA, B.; FERICHE, B. & PADIAL, P. Efecto de diferentes métodos de entrenamiento de contraste para la mejora de la fuerza de impulsión en un salto vertical. *Motricidad. Eur. J. Human Mov.* 8, 47-71. 2002.
29. DELECLUSE, C., VAN COPPENOLLE, C., WILLEMS, H., VAN LEEMPUTTE, E., DIELS M. & M. GORIS. Influence of high-resistance and high-velocity training on sprint performance *Med. Sci. Sports Exerc.* 27. 1203-1209. 1995.
30. DIALLO, O., DORE, E., DUCHE, P. & E. VAN PRAAGH. Effects of plyometric training followed by a reduced training programme on physical performance in prepubescent soccer players. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 41(3): 342-348. 2001.
31. DOBLAS, J. El entrenamiento de la resistencia utilizando medios específicos del juego. En Chiroso y Viciano: El entrenamiento integrado en deportes de equipo. Universidad de Granada. 2001
32. DRISS, T.H., VANDEWALLE, H. & MONOD, H. Maximal power and force velocity relationships during cycling and cranking exercises in volleyball players: correlation with vertical jump test. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 37:175-181. 1998.

33. FARRAR, M., & W. THORLAND. Relationship between isokinetic strength and sprint times in college-age men. *J. Sports Med.* 27:368-372. 1987.
34. FERICHE, B., CHIROSA, L.J. & CHIROSA, I. Validez del uso de la RPE en el control de la intensidad de entrenamiento en balonmano. *A. Med. Dep.* 91, 377-383. 2002.
35. FINER, J. T., SIMMONS, R. M. & SPUDICH, J. A. Single myosin molecule mechanics: piconewton forces and nanometre steps. *Nature.* 368:113-119. 1994.
36. FORD, H.J.R., PUCKETT, J., DRUMMOND, J., SAWYER, K., GANTT, K. & FUSSELL, C. Effects of three combinations of plyometric and weight training programs on selected physical fitness test items. *Precept. Mot. Skills.* 56(3): 919-922. 1983.
37. FRY, A.C., KRAEMER, W.J. & WASEMAN, C.A. The effect of an off-season strength and conditioning program on starters and non-starters in women's intercollegiate volleyball. *J. Appl. Sport Sci. Res.* 5:174-181. 1991.
38. GADOURY, C. & LEGER, L. Validité de l'épreuve de course navette de 20m avec paliers de 1 minute et du physi test Canadien pour prédire la V_{O_2max} des adultes. *Rev. Sci. Tech Act Phys. Sport*, 13: 57-68. 1986.
39. GARCÍA, A.M. The effect of the ingestion of sodium bicarbonate on lactate and athletic performance in the ran repeated series of 300m. *Rev. Int. Med. Cienc. Act. Fís. Deporte.* Vol.3, num.10. Junio 2003.
40. GONZÁLEZ-BADILLO , J.J. & GOROSTIAGA, E. Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo. *Inde Publicaciones.* 1997.
41. GONZÁLEZ-BADILLO-BADILLO, J.J. & RIBAS, J.J. Programación del entrenamiento de fuerza. *Barcelona, Inde Publicaciones.* 2002.

42. GONZALEZ-BADILLO, J. J. Proyecto de investigación: Identificación de las variables dinámicas, cinemáticas y temporales relacionadas con el salto vertical con contramovimiento. Universidad Pablo de Olavide. Sevilla. 2006.
43. GONZÁLEZ, C., UREÑA, A., NAVARRO, F., MARTÍN, A., SANTOS DEL CAMPO, J.A. & LLOP, F. La concentración de ácido láctico como índice de valoración de la contribución energética en el voleibol. *Revista Digital efdeportes*. Buenos Aires. Año 8, nº 46. 2002.
44. GOROSTIAGA AYESTARÁN, E. Fútbol: bases fisiológicas, evaluación y prescripción del entrenamiento. *Cuadernos Técnicos de Deporte*, 13: 16-57. 2002.
45. GOROSTIAGA, E., IBÁÑEZ, J., RUESTA, M.T., GRANADOS, C. & IZQUIERDO, M. Diferencias en la condición física y en el lanzamiento entre jugadores de balonmano de élite y amateur. *E-Bm.com. Rev. C. Deporte*. Junio 2009
46. GROSSER, M. El entrenamiento de la velocidad. *Ed. Martínez Roca*. 1992
47. HAFF, G.G., STONE, M., O'BRYANT, H.S., HARMAN, E., DINAN, C., R. JOHNSON & K.H. HAN. Force-time dependent characteristics of dynamic and isometric actions. *J. Strength Cond. Res.* 11:269-272. 1997.
48. HAKKINEN, K., & P.V. KOMI. The effect of explosive type strength training on electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles during concentric and various stretch-shortening cycle exercises. *Scand. J. Sports Sci.* 765-76. 1985b.
49. HAKKINEN, K., P.V. KOMI, & H. KAUKHANEN. Electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles of elite weight lifters during isometric, concentric, and various stretch-shortening cycle exercises. *Int. J. Sports Med.* 7(3): 144-151. 1986.

50. HENNESSY, L. & KILTY, J. Relationship of the stretch-shortening cycle to sprint performance in trained female athletes. *J. Strength Cond. Res.* 15(3), 326-331. 2001
51. HEREDIA, J.M., CHIROSA, I.J., ROLDÁN, J.A. & CHIROSA, L.J. Estudio comparativo de la capacidad de realizar sprint repetidos entre jugadores de balonmano y baloncesto amateurs y profesionales. *Apunts Med. Esport.* 164. 163-73. 2009
52. HERMASSI, S., CHELLY. M.S., TABKA. Z., SHEPHARD, R.J. & CHAMARI, K. Effects of 8-week in-season upper and lower limb heavy resistance training on the peak power, throwing velocity, and sprint performance of elite male handball players. *J. Strength Cond. Res.* 25(9): 2424-33. 2011
53. IMPELLIZZERI, F.M., RAMPININI, E., CASTAGNA, C., MARTINO, F., FIORINI, S. & WISLOFF, U. Effect of plyometric training on sand versus grass on muscle soreness and jumping and sprinting ability in soccer players. *Br J Sports Med.* 42(1): 42-6. Jan. 2008.
54. IZQUIERDO, M. Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte/ Biomechanics and Neuromuscular Basis of Physical Activity and Sports. *Ed. Médica Panamericana*, 2008.
55. IZQUIERDO, M., IBÁÑEZ, J. & GOROSTIAGA, E. Efectos de la suplementación con creatina sobre la potencia muscular, la Resistencia y la Velocidad en Jugadores de Balonmano. *PubliCE Standard*. Pid:751. 2006.
56. JÓDAR MONTORO, R. Revisión de artículos sobre la validez de la prueba de Course-Navette para determinar de manera indirecta el VO₂max. *R.Int.Med. C . Act. Fís. Dep.* Vol. 3 (11), 173-181. 2003.
57. KANEKO, M., FUCHIMOTO, T., TOJI, H. & K. SUEI. Training effect of different loads on the force-velocity relationship and mechanical power output in human muscle. *Scand. J. Sports Sci.* 5(2): 50-55. 1983.

58. KOMI, P.V. The stretch-shortening cycle and human power output. *Editors: Jones*. 10:McCartney & McComas. Human Kinetics. Champaign. 27-23, 1986.
59. LARA, D. La frecuencia cardíaca durante la competición de balonmano playa femenino. *Apunts Med Esport*. 46 (171):131-136. 2011.
60. LEGER, L. & LAMBERT, J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO_2 max. *Eur. J. App. Phy.* 49 (1). 1-12. 1982.
61. LEGER, L., MERCIER, D., GADOURY, C. & LAMBERT, J. The multistage for aerobic fitness. *J. Sports Science*, 6: 93-101. 1988.
62. LEUJENE, T.M., WILLEMS, P.A. & HEGLUND, N.C. Mechanics and energetic of human locomotion on sand. *J. of Exp. Biology*, 201, 2071-2080. 1998.
63. LÓPEZ CHICHARRO, J. C. & FERNÁNDEZ VAQUERO, A. Fisiología del ejercicio. *Ed. Panamericana* (3ª ed). 2006.
64. MANNING, J.M., DOOLY-MANNING, C. & D.H. PERRIN. Factor analysis of various anaerobic power tests. *J. Sport Med. Phys. Fit.* 28 (8), 138-144. 1988.
65. MARINA M. & JEMNI, M. Plyometric training performance in elite oriented pre-pubertal female gymnasts. *J. Strength Cond Res.* 28 (4): 1015-1025. 2014
66. MARKOVIC, G. & MIKULIC, P. Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sport Med.* 1;40(10):859-95, Oct 2010
67. MARQUES, M. C.; VAN DEN TILLAAR, R.; VESCOVI, J. D., & GONZÁLEZ-BADILLO, J. J. Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *Inter. J. Sports Phy. & Perfor.* 2(4), 414-422. 2007.

68. MIYAMA, M. & NOSAKA, K: Influence of surface on muscle damage and soreness induced by consecutive drop jumps. *J. Strength Cond. Res.* 18(2). 206–211. 2004.
69. MOORE, E. W. G., HICKEY, M.S. & R.F. REISER. Comparison of two twelve week off-season combined training programs on entry level collegiate soccer players' performance. *J. Strength Cond. Res.* 19(4): 791-798. 2005.
70. MORILLO, J.P., REIGAL, R. & HERNÁNDEZ, A. Análisis of positional attack in beach handball male and female with polar coordinates. *Rev. I. C. del Deporte.* 11 (11). 226-244. Agosto 2015.
71. MORITANI, T. Time course of adaptations during strength and power training. In: *Strength and power in sport.* P.V. Komi, ed. Oxford: Blackwell Scientific. 266-278. 1992.
72. MOSS, B.M., REFSNES, P.E., ABILDGAARD, A., NICOLAYSEN, K. & J. JENSEN. Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. *Eur. J. Appl. Physiol.* 75(3): 193-199. 1997.
73. NESSER, T.W., LATIN, R.W., BERG, K. & E. PRENTICE. Physiological determinants of 40-meter sprint performance in young male athletes. *J. Strength Cond. Res.* 10: 263-267. 1996.
74. PALICZKA, V.J., NICHOLAS, A.K. & BOREHAM, C.A.G. A multistage shuttle run test as a predictor of running performance and maximal oxygen uptake in adults. *Brit. J. Sports Med.* 4: 163-165. 1987.
75. PINNINGTON, H.C. & DAWSON, B. Running economy of elite surf iron men and male runners, on soft dry beach sand and grass. *Eur. J. Appl. Physiol.* 86:62–70. 2001.

76. PINNINGTON, H.C. & DAWSON, B. The energy cost of running on grass compared to soft dry beach sand. *J. Sci. Med. Sport* Vol. 4, Issue 4. 416–430. Dec. 2001
77. POLHEMUS, R., E. BURKHARDT, M. OSINA & M. PATTERSON. The effects of plyometric training with ankle and vest weights on conventional weight training programs for men. *Track and Field Q. Rev.* 80 (4): 59-61. 1980.
78. POORTMANS, J; VLAEMINK, M; COLLIN, M. & DELMOTTE, C. Estimation indirect de la puissance aerobie maximale d'une population Bruxelloise maxculine et feminine agee 6-23 ans. Comparaison avec une technique directe de la mesure de la consommation maximale d'oxygene. *J. Physiology*, 81:195-201. Paris, 1986.
79. RACINAIS, S. & CRESSWELL, A.G. Temperature affects máximum H-reflex amplitude but not homosynaptic post activation depression. *Phys. Report.* 1(2): e00019. 2013
80. RACINAIS, S. Hot ambient conditions shift the Force / EMG relationship. *SpringerPlus*, 2:317. 2013
81. RAKOVEC, D. Beach Handball: application and influence on indoor handball. *EHF Web Publications*. Zuredigieren. 2009.
82. RAMÍREZ-CAMPILLO, R., ALVAREZ, C., HENRÍQUEZ-OLGUÍN, C., SAN MARTÍN, E.B., MARTÍNEZ, C., ANDRADE, D.C. & IZQUIERDO, M. Effects of plyometric training on endurance and explosive-strength performance in competitive middle and long distance runners. *J. Strength Cond Res.* Jul 8. 2013
83. RAMÍREZ-CAMPILLO, R., ANDRADE, D.C., IZQUIERDO, M. Effects o plyometric volumen and training surface on explosive strength. *J. Strength Cond. Res.* 27(10):2714-22. Oct. 2013

84. RAMSBOTTOM, R., NEVILL, M.E., NEVILL, A.M. & HAZELDINE, R. Accumulated oxygen deficit and shuttle run performance in physically active men and women. *J. Sports Science*. nº15, 207-214. 1997.
85. RAMSBOTTOM, R., NEVILL, A.M. SEAGER, R.D. & HAZELDINE, R. effect of training on accumulated oxygen deficit and shuttle run performance. *J. Sports Med. Phys. Fitness*. 41:281-290. 2001
86. RFEBM. Balonmano playa. Reglas del juego. Ed. 1 de marzo de 2010
87. RIMMER, E., & G. SLEIVERT. Effects of plyometric intervention program on sprint performance. *J. Strength Cond. Res*. 14(3): 295-301. 2000.
88. ROMÁN SECO, J.D. La evolución del juego de ataque en balonmano. Revisión histórica: Los inicios del S.XXI. *e-Balonmano.com: Rev. Digital Deportiva*, 3(4), 79-99. 2007
89. RUFFINO, J.D. & WHEELER, A. Niveles de lactato en sangre y frecuencia cardíaca en partidos de rugby modalidad seven. *Rev. Digital efdeportes*. Año 8, nº 58. Buenos Aires, 2003.
90. SÁEZ DE VILLARREAL, E. Efecto agudo y retardado de siete tipos de estímulos diferentes sobre la capacidad de salto y efecto de ocho estímulos diferentes sobre la capacidad de salto y la velocidad de desplazamiento. *Tesis Doctoral*. Universidad Pablo de Olavide (Sevilla). Mayo 2007.
91. SÁEZ DE VILLARREAL, E. Effect of plyometric training in three age groups of women. *Rev. int. med. Cienc. act. fís. deporte*. Vol 10.39. Sept. 2010.
92. SÁEZ DE VILLARREAL, E. Relación entre fuerza máxima, potencia y velocidad en jugadores de Waterpolo. *Revista Selección* Vol.14. 4:205-212. 2005.

93. SÁEZ DE VILLARREAL, E., GONZÁLEZ-BADILLO, J.J. & IZQUIERDO, M. Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long-term acute jumping performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 100:393-401. 2007.
94. SÁEZ DE VILLARREAL, E., GONZÁLEZ-BADILLO, J.J. & IZQUIERDO, M. Low and moderate plyometric training frequency produces greater jumping and sprinting gains compared with high frequency. *J. Strength & Cond. Research.* 22(3): 715-725. 2008
95. SÁEZ DE VILLARREAL, E., REQUENA, B. & NEWTON, R.U. Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *J. Science Med. Sport*, vol. 13, no 5, p. 513-522. 2010
96. SALE, D.G. Neural adaptation to strength training. Strength and power in sport. Edited by P. Komi. *Blackwell Scientific Publication*, London. 249-266. 1992.
97. SALINAS, E.. & ALVERO, J.R. Niveles de ácido láctico en jugadores de baloncesto por puesto específico en competiciones oficiales. *Actas del I Congreso Ibérico de Baloncesto*. Cáceres. 2001.
98. SCHMIDTBLEICHER, D. Training for power events. En Komi, P.V. Strength and power in sport. London. Ed. Blackwell. Scientific Publication. 381-395. 1992.
99. SIEGLER, J., S. GASKILL & B. RUBY. Changes evaluated in soccer-specific power endurance either with or without a 10-week, in season, intermittent, high-intermittent training protocol. *J. Strength Con. Res.* 17(2): 379-387. 2003.
100. THORTENSSON, A: Muscle strength, fiber types and enzyme activities in man. *Acta Physiol. Scand. Supple.* 443: 1-44. 1976
101. TOBIN, D.P. & DELAHUNT, E. The acute effect of a plyometric stimulus on jump performance in professional rugby players. *J. Strength Cond Res.* 28 (2): 367-372. 2014

102. VAN MECHELEN, W; HLOBIL, H. & KEMPER, H.C.G. Validation of two running test as estimates of maximal aerobic power in children. *Eur. J. App. Phy.* 55: 503-506. 1986.
103. VANDEWALLE, H., PERES, G., & MONOD, H. Standard anaerobic exercise test. *Sports Med.* 4(4): 268-298. 1987.
104. VITTASALO, J.T. & KOMI, P.V. Interrelationships between electromyographic, mechanical, muscle structure and reflex time measurements in man. *Acta Physiol. Scand.* Jan; 111(1): 97-103. 1981
105. WAGNER, D.R., & M.S. KOCAL. A multivariate approach to assessing anaerobic power following a plyometric training program. *J. Strength Cond. Res.* 11(4): 251-255. 1997.
106. WAHAB, S. Effect of using three types of training (weight-plyometric-compound) for developing muscular ability and the level of performing some defensive skills in handball. *World J. Sport Sciences* 3 (S): 199-204. 2010.
107. WALLACE, M.B. & CARDINALE, M. Conditioning for team handball. *Strength Cond. J.* 19 (6). 7-12. 1997.
108. WILMORE, J. & COSTILL, D. Fisiología del esfuerzo y del deporte *Ed. Paidotribo*, Barcelona. Ed. 1998.
109. WILSON, G.J., WOOD, G.A. & ELLIOTT, B.C. Optimal stiffness of series elastic component in a stretch-shorten cycle activity. *J. Appl Physiol.* 70 (2): 825-33. Feb. 1991
110. WILSON, G.R., NEWTON, R.U., MURPHY, A.J. & HUMPHRIES, B.J. The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Med. Science Sports Exerc.* 25(11): 1279-1286. 1993

111. WILT, F. Plyometrics, what it is and how it works. *Athletic J.* 55(5): 76-90. 1975.
112. YIGIT, S. & TUNCEL, F. A comparison of the endurance training responses to road and sand running in high school and college students. *J. Strength Cond. Res.* 12 (2), 79-81. 1998
113. ZAMPARO, P., PERINI, R., ORIZIO, C., SACHER, M. & FERRETTI, G. The energy cost of walking or running on sand. *Eur. J. Appl. Physiol.* 65:183–187. 1992.
114. ZRIBI, A., ZOUCHE, M., CHAARI, H., BOUAJINA, E., ZOUALI, M. & TABKA, Z. Short-Term lower-body plyometric training improves whole body BMC, bone metabolic markers and physical fitness in early pubertal male basketball players. *Pediatr. Exerc. Sci.* 26, 22-32. 2014.

CAPÍTULO 2: Problema e hipótesis.

2.1. Formulación del problema

Como podemos ver en todo lo expuesto anteriormente, existen una gran cantidad y variedad de trabajos que abordan parámetros fundamentales de entrenamiento para la mejora del rendimiento o que se pueden aplicar al BM (Gorostiaga *et al.*, 2009; Wallace *et al.*, 1997; Cardoso, 2010; Hermassi *et al.*, 2010, 2011; Chelly *et al.*, 2010; Cherif *et al.*, 2012, 2012; Povoas *et al.*, 2012; Aguilar *et al.*, 2012; Gutiérrez *et al.*, 2011; Granados *et al.*, 2013; Heredia *et al.*, 2009; García *et al.*, 2011; Antúnez *et al.*, 2008; Marques *et al.*, 2007). Sin embargo, son muy pocos los estudios que se centran en las respuestas de las variables estudiadas (lactato, frecuencia cardíaca, RPE, velocidad de desplazamiento, agilidad en desplazamiento, potencia de salto, potencia de lanzamiento expresada la velocidad que alcanza el balón) cuando la acción motriz tiene lugar en arena seca y, especialmente, cuando hablamos de BMP. Y nuestro objetivo se centra en encontrar las respuestas a la problemática que se plantea para mejorar el rendimiento en BMP basándonos en las siguientes consideraciones:

- Existen estudios desde principios de los años 90 y en adelante sobre la cantidad de esfuerzo, expresado en gasto energético, que se realiza al desplazarnos sobre la arena seca en comparación con cualquier otro tipo de superficie rígida (Leujeune *et al.*, 1998; Dumke *et al.*, 2006; Yigit *et al.*, 1998; Zamparo *et al.*, 1992; Pinnington *et al.*, 2001). Todos estos estudios coinciden en que se necesita un mayor esfuerzo físico para la misma acción motriz si se realiza en arena seca que sobre una superficie rígida. Estos estudios surgen con deportes que de la pista se trasladan a la playa, como es el caso del BMP. Sin embargo, pese al creciente interés que esta modalidad deportiva está suscitando a nivel mundial apenas aparecen estudios concretos al respecto. Esta circunstancia sorprende, especialmente, cuando las exigencias físicas en la arena son tan particulares y específicas.

- Son muchos los estudios (Coelho *et al.*, 2010; Marquezi, 2006; Billat, 1996; Ruffino *et al.*, 2003; Castro, 2003; Salinas *et al.*, 2001; Spencer *et al.*, 2005; Calderón *et al.*, 2008; Billat *et al.*, 2003; Brunetti *et al.*, 2008) que concluyen que la acumulación de ácido láctico, determinado por el incremento del lactato en sangre, es

un limitador del rendimiento en tanto en cuanto limita la eficacia de la activación muscular durante el esfuerzo físico. De la misma manera, está sobradamente demostrado que el lactato sanguíneo es un indicador del esfuerzo anaeróbico que se está desarrollando (Billat, 1996; Wilmore *et al.*, 1998). Los test de carrera progresiva o shuttle run test, como la Course-Navette, son test que históricamente han servido para determinar la potencia aeróbica y la capacidad de soportar esfuerzos en fase anaeróbica de un sujeto. En BM son muchos los trabajos que sobre intensidad del esfuerzo se han realizado. Y sin embargo apenas se conoce nada sobre las respuestas fisiológicas específicas que el organismo da durante la práctica de BMP aún cuando hay existen claras conclusiones de que el esfuerzo que se realiza en la arena es superior a cualquier tipo de superficie rígida lo que apoyaría nuestra sospecha de que los esfuerzos son muy diferentes durante la práctica del BMP y la fatiga, es un hecho, es mayor para el mismo esfuerzo en una superficie rígida.

- Consideramos, por tanto, que en una primera aproximación, se hace necesario describir lo que ocurre en un jugador de BMP cuando trabaja de manera específica en la arena seca. Y partiendo de la descripción de lo observado, podemos realizar un estudio más pormenorizado del comportamiento de las variables anteriormente señaladas en la arena seca: lactato, RPE, frecuencia cardíaca y velocidad de desplazamiento. Para ello creemos conveniente la comparación de datos registrados en diferente tipo de jugadores de BMP. Y para ello mediremos y registraremos las mismas variables a través de la misma metodología en jugadores/as amateur que compiten a nivel nacional e internacional.

- Una vez examinadas estas variables pretendemos aplicar estímulos de entrenamiento de la potencia muscular en el tren inferior y comprobar si el incremento de fuerza se correlaciona con la mejora de la capacidad de resistencia específica, de la altura de salto, de la velocidad de desplazamiento (lineal específico y con cambios de dirección) y de la velocidad de lanzamiento. Está comprobado que la aplicación de protocolos específicos de entrenamiento pliométrico mejora la potencia del tren inferior en superficies rígidas (Asadi, 2011; Herrero, 2006; Ramírez-Campillo *et al.*, 2013, 2014, 2015; Palao *et al.*, 2001; Thomas *et al.*, 2008;

Rimmer *et al.*, 2010; Sáez de Villarreal *et al.*, 2008, 2012, 2013, 2015; Martel *et al.*, 2005; Robinson *et al.*, 2004; Wahab, 2010; Santos *et al.*, 2011; García *et al.*, 2003; Ferrete *et al.*, 2014) Nuestra intención es comprobar si esos mismos protocolos o ligeras variaciones de los mismos, producen efectos similares en la arena seca, de manera que los podamos aplicar al entrenamiento en BMP e, igualmente, tengan su aplicación específica en BM a siete, dado los de estudios que demuestran el menor impacto muscular y articular del entrenamiento en arena son respecto a otros tipos de superficies (Miyama *et al.*, 2004; Impellizzeri *et al.*, 2008).

2.2. Objetivos generales

Una vez presentado el problema vamos a plantear los objetivos que se persiguen con nuestras investigaciones:

- a) Demostrar la relación que existe entre la frecuencia cardíaca, la RPE y la acumulación de lactato como indicadores del nivel de esfuerzo en BMP.
- b) Demostrar que el entrenamiento pliométrico mejora la capacidad de resistencia de un sujeto por el incremento del tiempo total de carrera en arena seca.
- c) Comprobar los efectos de la aplicación de un protocolo de pre-activación sobre la velocidad de desplazamiento y la agilidad en arena seca.
- d) Comprobar los efectos de la aplicación de un protocolo de entrenamiento pliométrico sobre la velocidad de desplazamiento y la agilidad.
- e) Comprobar los efectos de la aplicación de un protocolo de entrenamiento pliométrico sobre el incremento de potencia del tren inferior y su relevancia en la capacidad de lanzamiento específico en BMP.
- f) Comprobar el efecto de la aplicación de un entrenamiento pliométrico en arena seca sobre la mejora de diferentes tipos de saltos tanto en superficie dura como en arena seca.

2.3. Objetivos específicos

Situado todo el marco de referencia, nos planteamos los siguientes objetivos específicos para esta problemática:

1. Examinar:

- la acumulación de lactato en sangre después de un esfuerzo de alta intensidad realizado en un test de carrera de ida y vuelta sobre 15m en arena seca y demostrar que la fatiga, como factor determinante de rendimiento en BMP, ocurre a nivel local al incrementarse los niveles de ácido láctico por participación de la vía glucolítica, siendo éste factor limitador del rendimiento.

- la relación entre la frecuencia cardíaca, el nivel de lactato y la RPE que nos dé información sobre el nivel de rendimiento de un sujeto en BMP.

- la aplicación de un test de campo para el BMP a partir de test de carrera progresiva en ida y vuelta de 15 m ("*15m shuttle run test*") y que de información sobre la capacidad anaeróbica de un sujeto partiendo de la base metodológica de la Course-Navette y realizar una comparativa entre jugadores de BMP.

2. Comprobar:

- la velocidad de desplazamiento lineal con y sin trabajo de pre-activación en jugadores de BMP

- si la altura de salto de jugadores y jugadoras de BMP guarda relación con la velocidad de desplazamiento en arena seca

- si la altura de salto de jugadores y jugadoras de BMP guarda relación con la capacidad de resistencia en el test de carrera progresiva de ida y vuelta de 15m en arena seca

- si la mejora de la altura de salto coincide con el incremento de la velocidad de lanzamiento tanto en superficie rígida como en arena seca

3. Examinar:

- el efecto que un entrenamiento pliométrico estandarizado produce en la velocidad de desplazamiento con y sin pre-activación en arena seca

- la velocidad de desplazamiento con cambio de dirección en arena seca, con y sin pre-activación

- la capacidad de resistencia en un test de carrera progresiva de ida y vuelta sobre 15 metros en arena seca tomando como variables el lactato sanguíneo, la RPE y la frecuencia cardíaca

- la velocidad de lanzamiento específico en BMP

- la altura de salto en una superficie rígida en jugadores amateur de BMP

2.4. Hipótesis

2.4.1. Estudio 1

El BMP es una modalidad deportiva en auge que se realiza sobre arena seca y del que prácticamente no hay estudios con base científica al respecto. Dado la cantidad de desplazamientos y acciones motrices de tipo explosivo que tienen lugar durante el desarrollo del juego y la elevada intensidad de frecuencia cardíaca que se alcanza en el mismo (Lara, 2011) el esfuerzo que el organismo realiza es muy alto. Los desplazamientos en arena seca suponen un coeficiente de gasto energético superior con respecto a otro tipo de superficies (Zamparo *et al.*, 1992; Leujeune *et al.*, 1998; Pinnington *et al.*, 2001). De otro lado, y por la propia experiencia empírica en la práctica, el tipo de esfuerzo realizado incluye continuas fases anaeróbicas con la consecuente acumulación de ácido láctico que puede resultar como limitador del rendimiento (Billat, 1996, 2003; Álvarez *et al.*, 2001; Gorostiaga, 2002; González *et al.*, 2002; Ruffino *et al.*, 2003). Y, finalmente, sabemos que en BM la RPE muestra una buena relación con parámetros fisiológicos como la frecuencia cardíaca y el % de VO₂max (Feriche *et al.*, 2002).

Por todo ello, proponemos las siguientes hipótesis para este estudio:

- *Hipótesis 1:* Los desplazamientos que tienen lugar en BMP suponen un esfuerzo tal que obliga al organismo a trabajar a una intensidad de frecuencia cardíaca superior al 80-85% de la máxima teórica, lo que supone, dado el tiempo de duración de los encuentros, fases de esfuerzos anaeróbicos que producen una elevada cantidad de lactato, siendo éste limitador del rendimiento.
- *Hipótesis 2:* La RPE o escala subjetiva de percepción del esfuerzo se puede utilizar en BMP como instrumento que me permite conocer la intensidad del esfuerzo, tanto en entrenamiento como en competición.

2.4.2. Estudio 2

Una gran cantidad de estudios avalan el método pliométrico para mejorar la fuerza explosiva y la potencia del tren inferior (Wilt, 1975; González-Badillo *et al.*, 1997; Sáez de Villarreal *et al.*, 2007; Campillo *et al.*, 2013; Tobin *et al.*, 2014). En BM hay estudios que demuestran un incremento en la fuerza del tren inferior tras la aplicación de diferentes protocolos de pliometría (Chirosa *et al.*, 2002; Wahab, 2010; Cherif *et al.*, 2012; Chelly *et al.*, 2013). Esta mejora de la potencia en el tren inferior se aplica a parámetros concretos del juego que incrementan el rendimiento como son la altura del salto, la velocidad de desplazamientos o la velocidad de lanzamiento. De otro lado hay estudios que demuestran el menor impacto sobre el conjunto músculo-esquelético cuando se realizan multisaltos en arena seca en relación a otras superficies más rígidas como pueden ser el hierba, madera o cemento (Miyama *et al.*, 2004; Impellizzeri *et al.*, 2008; Binnie *et al.*, 2013). La mejora de la potencia del tren inferior se traduce en una mejor capacidad para soportar esfuerzos, independientemente del tipo que sean: desplazamientos, saltos, carreras con cambios de dirección y su aplicación al gesto técnico específico de BMP. Y, por último, las temporadas de BMP tienen lugar generalmente en periodo estival, desde finales del mes de mayo y hasta principios del mes de agosto, tras la finalización de las temporadas de invierno. Esto quiere decir que se dispone de menos tiempo que en BM para preparar una temporada de BMP.

Por todo ello, proponemos la siguiente hipótesis:

- *Hipótesis 1:* Cinco semanas de entrenamiento pliométrico en arena seca combinados con sprint producen una mejora de la potencia del tren inferior que incrementa la capacidad de resistencia a esfuerzos de desplazamientos en arena, la potencia de salto y la velocidad de lanzamiento específico en BMP.

2.4.3. Estudio 3

Estudios de Miyama *et al.*, (2004); Impellizzeri *et al.*, (2008); Binnie *et al.*, (2013; 2014) han demostrado de manera clara que en entrenamiento pliométrico en arena seca produce un menor impacto sobre el sistema músculo-esquelético que si se realiza en una superficie rígida. Dada la exigencia de las pretemporadas en BM, la inclusión de un periodo de cinco semanas de entrenamiento pliométrico en arena seca, probablemente mejorará la potencia del tren inferior reduciendo el impacto sobre el organismo, dado que los efectos de mejora de la potencia del tren inferior de la pliometría en arena seca son ya conocidos. Esta mejora de la potencia del tren inferior mejorará los valores de diferentes variables del rendimiento como son la altura del salto, la velocidad de desplazamiento, la capacidad de resistencia y la velocidad de lanzamiento.

Por lo tanto, y siguiendo una línea continuista en los trabajos desarrollados, proponemos la siguiente hipótesis para este estudio:

- *Hipótesis 1:* Cinco semanas de entrenamiento pliométrico en arena seca combinados con sprint durante una pretemporada de BM producen un efecto de mejora de la potencia del tren inferior que mejora la capacidad de resistencia, la altura de salto, la velocidad de desplazamiento y la velocidad de lanzamiento igual o mayor que si se realiza el mismo protocolo en una superficie rígida, tanto en jugadores de BM como en jugadores de BMP.

2.5. Estudios a desarrollar

Estudio 1. Título: Efecto de un test de carrera progresiva de 15 metros sobre la frecuencia cardíaca, lactato y la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) en jugadores amateur de balonmano playa. (*Effects of a multistage shuttle run 15 meters test on heart rate, lactate and rating of perceived exertion (RPE) in amateur beach handball players*)

Estudio 2. Título: Efectos de la aplicación de un entrenamiento pliométrico combinado con sprint en arena seca sobre parámetros determinantes del rendimiento en jugadores de balonmano playa. (*Effects of plyometric and sprint training on sand physical and technical skill performance in beach handball players*)

Estudio 3. Título: Estudio del efecto comparativo de 5 semanas de entrenamiento pliométrico combinado con sprint en arena seca durante una pretemporada sobre parámetros de rendimiento físico en jóvenes jugadores de balonmano y balonmano playa. (*Comparative effects study of five weeks pre-season plyometric and sprint training on sand and technical skill performance in handball and beach handball players*)

2.6. Bibliografía

1. AGUILAR-MARTÍNEZ, D.; CHIROSA, L. J.; MARTÍN, I.; CHIROSA, I.J. & CUADRADO-REYES, J. Efecto del entrenamiento de la potencia sobre la velocidad de lanzamiento en balonmano / Effect of power training in throwing velocity in team handball. *Rev. Int. Med. Cienc. Act. Fís. y Deporte* vol. 12 (48) pp. 729-744. 2012
2. ÁLVAREZ, J., GIMÉNEZ, L., CORONA, P. & MONONELLES, P. Necesidades metabólicas y cardiovasculares en fútbol-sala: análisis de la competición. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 87 (45-61), Barcelona. 2001
3. ANTÚNEZ, A. & GARCÍA, M.M. La especificidad en la condición física del portero de balonmano. *e-balonmano.com: Rev. C. del Dep.* 4 (1): 5-12. 2008
4. ASADI, A. The effects of a 6-week of plyometric training on electromyography changes and performance. *Sport Science* 4 (2): 38-42 (2011)
5. BILLAT, V. Fisiología y metodología del entrenamiento *Ed. Paidotribo*, Barcelona. 2003.

6. BILLAT, V. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. *Sport Medicine*, 22 (3): 157-175. Sep 1996.
7. BILLAT, V., SIRVENT, P., KORALSZTEIN, J.P. & MERCIER, J. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sport Medicine*, 33 (6): 407-26. 2003.
8. BINNIE, M.J., DAWSON, B., ARNOT, M. A., PINNINGTON, H., LANDERS, G. & PEELING, P. Effect of sand versus grass training surfaces during an 8-weeks pre-season conditioning programme in team sport athletes. *J Sports Sci.* 31:11, 1001-1012. 2014
9. BINNIE, M.J., DAWSON, B., PINNINGTON, H., LANDERS, G. & PEELING, P. Effect of training surface on acute physiological responses after sport-specific training. *J. Strength Cond Res.* 27(4): 1047-56. 2013
10. BRUNETTI, A., ADOLFO, J., PEIXOTO, P., MACIEL, V., DANTAS, E. & ALVES, M.A. The influence of the order of concurrent training session over the acute response of the blood lactate, heart rate and oxygen uptake. *Fit Perf J.* 7(5):326-31. 2008
11. CALDERÓN, F., BENITO, P., PEINADO, A. & DÍAZ, V. PHYSIOLOGICAL MEANING OF THE AEROBIC- ANAEROBIC TRANSITION *Rev.int.med.cienc.act.fís.deporte* 8 (32): 321-337. 2008
12. CARDOSO, M. In-season strength and power training for profesional male team handball players. *Strength and Cond. J.* 32. 6. Dec. 2010
13. CASTRO, L. Mediciones de concentración del lactate en sangre en rendimiento y factores determinantes. *Rev. Dig. Efdeportes.* 9 (66). 2003
14. CHELLY, M.S., HERMASSI, S. & SHEPHARD, R.J. Relationship between power and strength of the upper and lower limb muscles and throwing velocity in male handball players *J. Strength Cond. Res.* 24 (6) 1480-7. Jun 2010.

15. CHERIF, M., SAID, M., CHAATANI, S., NEJLAOUI, O., GOMRI, D. & ABDALLAH, A. The effect of a combined high-intensity plyometric and speed training program on the running and jumping ability of male handball players. *Asian J. Sports Med.* 3(1):21-8 2012 Mar. 2012
16. COELHO, C., FERNANDES, M., CAPUTO, F., PELARIGO, J. & DENADAI, B. Effect of aerobic performance level on the maximal lactate steady state determined during intermittent protocol in swimming. *Rev. Bra. Med. Dep.* 16 (2): 130-133. 2010
17. DUMKE, C., SHOOTER, L., LIND, R. & NIEMAN, D. Indirect Calorimetry During Ultradistance Running: A Case Report. *J. Sports Sci. Med.* 5(4): 692–698. 2006
18. FERICHE, B., CHIROSA, L.J. & CHIROSA, I. Validez del uso de la RPE en el control de la intensidad de entrenamiento en balonmano. *A. Med. Dep.* 91, 377-383. 2002.
19. FERRETE, C., REQUENA, B., SUÁREZ-ARRONES, L. & SÁEZ DE VILLARREAL, E. Effect of strength and high-intensity training on jumping, sprinting and intermittent endurance performance in prepubertal soccer players. *J. Strength Cond Res.* 28(2): 413-422. 2014
20. GARCÍA, M., ALCARAZ, P.E., FERRAGUT, C., MANCHADO, C., ABRALDES, J.A., RODRÍGUEZ, N. & VILA, H. Body Composition and Throwing Velocity in Elite Women's Team Handball. *Cultura, Ciencia y Dep.* 7 (6): 129-135-2011
21. GONZÁLEZ-BADILLO, J.J. & GOROSTIAGA, E. Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo. *Inde Publicaciones.* 1997.
22. GONZÁLEZ, C., UREÑA, A., NAVARRO, F., MARTÍN, A., SANTOS DEL CAMPO, J.A. & LLOP, F. La concentración de ácido láctico como índice de

valoración de la contribución energética en el voleibol. *Revista Digital efdeportes*. Buenos Aires. Año 8, nº 46. 2002.

23. GOROSTIAGA AYESTARÁN, E. Fútbol: bases fisiológicas, evaluación y prescripción del entrenamiento. *Cuadernos Técnicos de Deporte*, 13: 16-57. 2002.

24. GOROSTIAGA, E., IBÁÑEZ, J., RUESTA, M.T., GRANADOS, C. & IZQUIERDO, M. Diferencias en la condición física y en el lanzamiento entre jugadores de balonmano de élite y amateur. *E-Bm.com. Rev. C. Deporte*. Junio 2009

25. GRANADOS, C., IZQUIERDO, M. & IBÁÑEZ, J. Are there any differences in physical fitness and throwing velocity between national and international elite female handball players? *J. Strength Cond. Res.* 27 (3): 723-733. 2013

26. GUTIÉRREZ-DÁVILA, M., ORTEGA, M., PÁRRAGA, J., CAMPOS, J. & ROJAS, F.J. Variability of the temporary sequence of the kinetic chain of the handball throw. *Rev. int. med. cienc. act. fís. deporte*. Vol 11.43. Sep 2011.

27. HEREDIA, J.M., CHIROSA, I.J., ROLDÁN, J.A. & CHIROSA, L.J. Estudio comparativo de la capacidad de realizar sprint repetidos entre jugadores de balonmano y baloncesto amateurs y profesionales. *Apunts Med. Esport*. 164. 163-73. 2009

28. HERMASSI, S., CHELLY. M.S., TABKA. Z., SHEPHARD, R.J. & CHAMARI, K. Effects of 8-week in-season upper and lower limb heavy resistance training on the peak power, throwing velocity, and sprint performance of elite male handball players. *J. Strength Cond. Res.* 25(9):2424-33. 2011

29. HERRERO, J.A, IZQUIERDO, M., MAFFIULETTI, N.A. & GARCÍA-LÓPEZ, J. Electromyography stimulation and plyometric training effects on jumping and sprint time. *Int J Sports Med* 27: 533- 539. 2006.

30. IMPELLIZZERI, F.M., RAMPININI, E., CASTAGNA, C., MARTINO, F., FIORINI, S. & WISLOFF, U. Effect of plyometric training on sand versus grass on

muscle soreness and jumping and sprinting ability in soccer players. *Br J Sports Med.* 42(1): 42-6. Jan. 2008.

31. LARA, D. La frecuencia cardíaca durante la competición de balonmano playa femenino. *Apunts Med Esport.* 46 (171):131-136. 2011.

32. LEUJENE, T.M., WILLEMS, P.A. & HEGLUND, N.C. Mechanics and energetic of human locomotion on sand. *J. of Exp. Biology*, 201, 2071-2080. 1998.

33. MARQUES, M. C.; VAN DEN TILLAAR, R.; VESCOVI, J. D., & GONZÁLEZ-BADILLO, J. J. Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *Inter. J. Sports Phy. & Perfor.* 2(4),414-422. 2007.

34. MARQUEZI, M. Metabolic basis of the anaerobic threshold concept anaerobic threshold concept. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte.* 5(2):53-64. 2006

35. MARTEL, G.F., HARMER, M.L., LOGAN, J.M. & PARKER, C.B. Aquatic plyometric training increases vertical jump in female volleyball players. *Med. Sci. Sports Exerc.* 37(10): 1814-9. 2005

36. MIYAMA, M. & NOSAKA, K: Influence of surface on muscle damage and soreness induced by consecutive drop jumps. *J. Strength Cond. Res.* 18(2). 206–211. 2004.

37. PALAO, J.M., SÁEZ, B. & UREÑA. A. Effect of a learning work of the eccentric - concentric cycle on the jump capacity in volleyball. *Rev.int.med.cienc.act.fis.deporte.* 1(3). 2001

38. PINNINGTON, H.C. & DAWSON, B. Running economy of elite surf iron men and male runners, on soft dry beach sand and grass. *Eur. J. Appl. Physiol.* 86:62–70. 2001.

39. PINNINGTON, H.C. & DAWSON, B. The energy cost of running on grass compared to soft dry beach sand. *J. Sci. Med. Sport* Vol. 4, Issue 4. 416–430. Dec. 2001

40. POVOAS, S., SEABRA, A., ASCENSAO, A., MAGALHAES, S. & REBELO, A. Physical and physiological demands of elite team handball. *J. Strength and Cond. Research*. 26 (12): 3365-3375. 2012
41. RAMÍREZ-CAMPILLO, R., ALVAREZ, C., HENRÍQUEZ-OLGUÍN, C., BAEZ, E., MARTÍNEZ, C., ANDRADE, D.C. & IZQUIERDO, M. Effects of plyometric training on endurance and explosive-strength performance in competitive middle and long distance runners. *J. Strength Cond Res*. 28 (1): 97-104. 2014
42. RAMÍREZ-CAMPILLO, R., ANDRADE, D.C., IZQUIERDO, M. Effects of plyometric volume and training surface on explosive strength. *J. Strength Cond. Res.* 27(10):2714-2722. 2013
43. RAMÍREZ-CAMPILLO, R., MEYLAN, C., ÁLVAREZ-LEPÍN, C., HENRÍQUEZ-OLGUÍN, C., MARTÍNEZ, C., ANDRADE, D., CASTRO-SEPÚLVEDA, M., BURGOS, C., BÁEZ, E. & IZQUIERDO, M. The effects of interday rest on adaptation 6 weeks of plyometric training in young soccer players. *J. Strength Cond Res*. 29(4)/972–979. 2015.
44. RIMMER, E., & G. SLEIVERT. Effects of plyometric intervention program on sprint performance. *J. Strength Cond. Res*. 14(3): 295-301. 2000.
45. ROBINSON, L.E., DÉCOR, S.T., MERRICK, M.A., & BUCKWORTH, J. The effects of land vs. aquatic plyometrics on power, torque, velocity, and muscle soreness in women. *J. Strength Cond Res*, 18, 84-91. 2004
46. RUFFINO, J.D. & WHEELER, A. Niveles de lactato en sangre y frecuencia cardíaca en partidos de rugby modalidad seven. *Rev. Digital efdeportes*. Año 8, n° 58. Buenos Aires, 2003.
47. SÁEZ DE VILLARREAL, E., GONZÁLEZ-BADILLO, J.J. & IZQUIERDO, M. Low and moderate plyometric training frequency produces greater jumping and sprinting gains compared with high frequency. *J. Strength & Cond. Research*. 22(3): 715-725. 2008

48. SÁEZ DE VILLARREAL, E., GONZÁLEZ-BADILLO, J.J. & IZQUIERDO, M. Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long-term acute jumping performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 100:393-401. 2007.
49. SALINAS, E.. & ALVERO, J.R. Niveles de ácido láctico en jugadores de baloncesto por puesto específico en competiciones oficiales. *Actas del I Congreso Ibérico de Baloncesto*. Cáceres. 2001.
50. SANTOS, E. & JANEIRA, M.A. The effects of plyometric training followed by detraining and reduced training periods on explosive strength in adolescent male basketball players. *J Strength Cond. Res.* 25: 441–452, 2011.
51. SPENCER, M., BICHOP, D., DAWSON, B. & GOODMAN, C. Physiological and Metabolic Responses of Repeated-Sprint Activities Specific to Field-Based Team Sports. *Sport Med.* 35 (12): 1025-1044. 2005
52. THOMAS, K., FRENCH, D., & PHILIP, P.R. The effect of two plyometric training techniques on muscular power and agility in youth soccer players. *J. Strength Cond Res*, 23, 332-335. 2009
53. TOBIN, D.P. & DELAHUNT, E. The acute effect of a plyometric stimulus on jump performance in professional rugby players. *J. Strength Cond Res.* 28 (2): 367-372. 2014
54. WAHAB, S. Effect of using three types of training (weight-plyometric-compound) for developing muscular ability and the level of performing some defensive skills in handball. *World J. Sport Sciences* 3 (S): 199-204. 2010.
55. WALLACE, M.B. & CARDINALE, M. Conditioning for team handball. *Strength Cond. J.* 19 (6). 7-12. 1997.
56. WILMORE, J. & COSTILL, D. Fisiología del esfuerzo y del deporte *Ed. Paidotribo*, Barcelona. Ed. 1998.
57. WILT, F. Plyometrics, what it is and how it works. *Athletic J.* 55(5): 76-90. 1975.

58. YIGIT, S. & TUNCEL, F. A comparison of the endurance training responses to road and sand running in high school and college students. *J. Strength Cond. Res.* 12 (2), 79-81. 1998
59. ZAMPARO, P., PERINI, R., ORIZIO, C., SACHER, M. & FERRETTI, G. The energy cost of walking or running on sand. *Eur. J. Appl. Physiol.* 65:183–187. 1992.

CAPÍTULO 3: Estudio 1. Efecto de un test de carrera progresiva de 15 metros sobre la frecuencia cardíaca, lactato y percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) en jugadores amateur de balonmano playa (*Effects of a multistage shuttle run 15 meters test on heart rate, lactate and rating of perceived exertion (RPE) in amateur beach handball players*)

Estudio 1. Título: Efecto de un test de carrera progresiva de 15 metros sobre la frecuencia cardíaca, lactato y percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) en jugadores amateur de balonmano playa

Study 1. Title: Effects of a multistage shuttle run 15 meters test on heart rate, lactate and rating of perceived exertion (RPE) in amateur beach handball players

3.1. Resumen

El propósito de este estudio fue medir la respuesta de tres variables psicofisiológicas (frecuencia cardíaca –FC–, lactato sanguíneo y percepción subjetiva del esfuerzo –RPE–) en arena seca de playa en jugadores de BMP a través de un test de carrera progresiva de ida y vuelta sobre 15m (*15m shuttle run test*). También se midió la velocidad máxima de desplazamiento en 15m en arena seca. 12 jugadores con edades de $21,4 \pm 3,87$ años; peso de $79,68 \pm 13,87$ kg; altura de $1,78 \pm 0,07$ metros e índice de masa corporal de $26,24 \pm 4,52$ fueron sometidos a dos test realizados en arena seca: un test de velocidad máxima de desplazamiento sobre la distancia de 15 metros y un test de resistencia en carrera progresiva de ida y vuelta sobre la distancia de 15 metros con un máximo de duración de 10 minutos o hasta el agotamiento. Su perfil respecto a la experiencia en BMP se presenta con $7,17 \pm 2,86$ años practicando este deporte; $26,42 \pm 11,34$ partidos jugados en la temporada de verano de 2010 y $6,46 \pm 1,71$ horas de entrenamiento a la semana en BM convencional en la actualidad. **Resultados:** La velocidad máxima obtenida en el test de velocidad fue de 2,49 segundos, siendo la media de las mejores marcas obtenidas de $2,77 \pm 0,19$ segundos. Respecto al lactato, el basal fue de $2,51 \pm 1,49 \text{ mmol/L}$; el post-ejercicio fue de $11,06 \pm 2,66 \text{ mmol/L}$; el lactato a los +3 minutos de recuperación fue $13,49 \pm 2,49 \text{ mmol/L}$. Se concluye con estos datos que en deportes como el BMP, que se juegan en arena seca, producen una elevada cantidad de ácido láctico como consecuencia de la participación del metabolismo anaeróbico. La FC media registrada durante la prueba fue de $177,9 \pm 7,02$ ppm; el porcentaje de intensidad sobre la FC máxima teórica fue de

95,70±3,12%. La RPE máxima registrada fue de 17,42±1,08 según la escala de Borg de 15 grados. El test de carrera progresiva en ida y vuelta sobre 15 metros es un buen instrumento para medir la intensidad de esfuerzo en BMP. Este estudio concluye con que desplazamientos en arena seca similares a los que tienen lugar en BMP suponen esfuerzos de elevada intensidad. La tolerancia de un jugador al lactato y, posiblemente, la capacidad de resíntesis del lactato será determinante para el rendimiento deportivo. La FC es, en BMP, un parámetro válido para determinar la intensidad del esfuerzo.

Palabras clave: Balonmano playa; test de resistencia en ida-vuelta; FC: percepción subjetiva del esfuerzo (RPE); lactato.

Abstract

*The aim of this study was to measure the response of three psychophysiological variables (heart rate, blood lactate and rating perceived effort –RPE–) in beach dry sand in beach handball players through a multistage 15m shuttle run test protocol adapted from the Course-Navette and the maximum speed in dry sand. 12 players aged 21.4±3.87 years, weight of 79,68±13,87 kg, height of 1,78±0,07 meters and B.M.I. of 26,24±4,52 were subject to two tests conducted in dry sand: a test of maximal speed over a distance of 15 meters and an endurance test in multistage shuttle run test protocol (15 meters) with a maximum of 10 minutes or until exhaustion. His profile on the beach handball experience comes with 7.17±2.86 years in the sport; 26.42±11.34 games played in the summer season of 2010 and 6.46±1.71 hours per week training in conventional handball today. **Results:** The maximum speed obtained in the speed test was 2,49 seconds, with the average of the best marks of 2,77±0,19 seconds. Regarding to lactate, the basement was 2.51±1.49 mmol/L, post-exercise was 11.06±2.66 mmol/L and lactate after 3 recovery minutes was 13.49±2,49 mmol/L. It concludes that in sports such as beach handball, played on dry sand, produce a high amount of lactic acid as a result of the anaerobic metabolism participation. The average heart rate during testing was 177.9±7.02 bpm, the percentage of intensity on the theoretical maximum heart rate was*

95.70±3.12%. The maximum RPE level was recorded at 17.42±1.08 according to the Borg 15 degrees scale. The multistage shuttle run test (15 meters) is a reliable instrument for measuring the intensity of the effort in beach handball. This study concludes that beach handball is a high intensity mixed metabolism sport. The lactate tolerance of a player and possibly the lactate resynthesis ability will be crucial to athletic performance. The heart rate is, in beach handball, a valid parameter to determinate the intensity of the effort.

Key Word: Beach handball, multistage shuttle run test, heart rate, RPE, lactate.

3.2. Introducción

Las variables fisiológicas de FC, RPE y lactato han sido estudiadas en el balonmano “a 7” convencional (Povoas *et al.*, 2012; Massuça *et al.*, 2013; Gorostiaga *et al.*, 2009; Feriche *et al.*, 2002; Loftin *et al.*, 1996; Cuadrado-Reyes *et al.*, 2010; Platen *et al.*, 2011). Povoas *et al.*, (2012) estudiaron las demandas fisiológicas y psicológicas en varios partidos de BM de alto nivel obteniendo como resultados que se recorre una distancia media de 4,370±702 m., de los cuales el 80% se realiza andando (35±6,94%) y permaneciendo de pie (43±9,27%) y sólo el 0,4±0,31% se realiza a sprint. Las acciones más frecuentes a máxima intensidad fueron paradas, cambios de dirección y situaciones de uno contra uno. La FC media fue de 157±18 ppm (82±9,3%fr la FC máxima) y la total fue 139±31ppm (72 ±16.7% de la fc máxima). Cuadrado-Reyes *et al.*, (2010) proponen una ecuación de predicción de la FC máxima estimada en jugadores de élite balonmano a partir de los resultados de un test de Course Navette y la FC media de tres sesiones de entrenamiento. Obtuvieron unos promedios de 189,6 ppm en el test y 183,74 ppm registrado durante las sesiones de entrenamiento. Loftin *et al.*, (1996) midieron el pico de VO₂max y la FC en experimentados jugadores de balonmano “a 7” obteniendo un promedio de 183,1 ppm en la FC y una acumulación de lactato de 10,3 mmol/L en situaciones de juego. El VO₂max promedio fue de 48 ml*Kg⁻¹*min⁻¹. Encontraron que la FC se sitúa

aproximadamente al 85% de la máxima a lo largo de la duración de un partido (60 minutos divididos en dos mitades de 30 minutos cada una, con un descanso de 10 minutos). Gorostiaga *et al.*, (2009) encontraron valores de acumulación de lactato en sangre de 11,8 mmol/L y 12 mmol/L en jugadores de balonmano “a 7” de élite y amateur respectivamente tras la realización de un test de resistencia intermitente a diferentes velocidades.

Estas mismas variables no han sido estudiadas en el BMP, que tiene unas características muy particulares como modalidad deportiva, principalmente por tener arena seca como superficie de juego. Lara (2011) midió y registró la FC durante una competición a jugadoras de BMP concluyendo que la FC se sitúa entre el 80-83% de la máxima. Se sabe que el balonmano “a 7” es un deporte de elevada exigencia aeróbica con continuos e intermitentes esfuerzos de tipo anaeróbico (Povoas *et al.*, 2012) que incluyen saltos, sprint, cambios de dirección, tracciones, empujes, lanzamientos.

Existen una serie de diferencias entre el BM “a 7” y el BMP relacionadas con nuestras variables objeto de estudio que podemos ver en la Tabla 1:

Tabla 2: Principales diferencias entre el BM “a 7” y el BMP relacionadas con el objeto de estudio

	BALONMANO 7	BMP
Terreno juego	40m x 20m	27m x 12m
Superficie de juego	Parquet, goma, cemento	Arena seca
Duración juego	60 min (30' + 30')	20 min (10' + 10')
Tiempo de descanso	5 min	5 min
Nº jugadores x equipo	7 (14)	4 (8)
T' actuación medio (ataque)	29,9" (Román, 2006)	6"-15" (69%) y 20" (15%) (Morillo, 2015)
Lactato acumulado	8,6 mmol/l (Póvoas <i>et al.</i> , 2011)	No hay datos en situaciones de juego
RPE	$p < 0.001$ entre RPE y FC (Feriche <i>et al.</i> , 2002)	No hay datos en situaciones de juego
FC media	70-90% (Loflin, 1996) 82±9 % (Póvoas <i>et al.</i> , 2011) 85.8 ± 3.2 % (Platen <i>et al.</i> , 2011)	80-83% (Lara, 2011)

Acciones motrices en arena seca dotan de una singular naturaleza a cada acción muscular, especialmente del tren inferior. La cantidad de trabajo muscular que se

realiza en la arena seca es mucho mayor debido a la disipación de las fuerzas reactivas a cada apoyo del pie por la deformación de la superficie de contacto, lo que supone un mayor esfuerzo para obtener una respuesta motriz similar a la realizada en otra superficie más rígida (Izquierdo, 2008). De esta forma se elimina la ventaja de la acción pliométrica (Rakovec, 2009). Los desplazamientos en arena seca suponen un mayor gasto energético debido al mayor esfuerzo físico que se realiza. Zamparo *et al.* (1992) concluyeron que caminar en arena seca a 3 km/h^{-1} presenta un coeficiente de 1,8 en el gasto energético respecto a una superficie dura. Este resultado coincide con el estudio de Leujeune *et al.* (1998) que establece que caminar en arena supone un coeficiente de 1,6 a 2,5 de mayor trabajo mecánico respecto a una superficie dura. Se añade que caminar en arena respecto a la misma velocidad en superficie dura supone un coeficiente de 2,1 a 2,7 de más gasto energético y correr en arena seca supone un coeficiente de 1,6 en el gasto energético respecto a superficie dura. Este estudio finaliza con que, independientemente de la velocidad, correr en arena seca supone 1,2 en el coeficiente de gasto energético respecto a una superficie dura. Pinnington *et al.* (2001) concluyeron con un coeficiente de 1,6 en el rendimiento aeróbico en arena respecto del césped; 3,7 en el rendimiento anaeróbico y 1,6 en el gasto energético en la carrera a 8 km/h^{-1} de la arena respecto al césped. Por tanto, es un hecho demostrado que cualquier tipo de desplazamiento o acción motriz realizada en la arena en la que participe la musculatura del tren inferior supone un mayor esfuerzo físico por el mayor gasto energético producido.

La práctica del BMP supone un continuo de acciones técnicas específicas combinadas con habilidades genéricas que se realizan de manera intermitente y con una elevada intensidad, que unida a la superficie en la que se juega, hace pensar en la participación de la glucólisis anaeróbica como principal vía metabólica de obtención de energía. La realidad del juego exige a los jugadores realizar esfuerzos durante los 10 minutos de cada uno de los períodos y, al igual que ocurre en el BM “a 7”, los sprint cortos, los saltos, los desplazamientos con continuos cambios de dirección y los saltos con giros de 360° sobre el eje longitudinal (acción de lanzamiento específica de esta modalidad) se realizan de manera continuada e intermitente. Esto

hace pensar en la glucólisis anaeróbica como una de las vías principales para la obtención de energía y, en consecuencia, la acumulación de ácido láctico puede ser uno de los factores limitantes de la capacidad de rendimiento en este deporte.

El propósito de este estudio fue medir la cantidad de lactato producido durante la realización de carrera en arena seca y establecer relaciones entre la FC, la RPE y el lactato sanguíneo que nos pueda servir como predictores del nivel de esfuerzo de un jugador de BMP. Conocer la cantidad de lactato que se puede producir en función del tiempo de esfuerzo realizado

3.3. Metodología

3.3.1. Aproximación al problema de estudio

Existen pocos estudios sobre el BMP. Por tanto, la experiencia empírica, lo vivido y lo observado, se convierten en primeros pasos para tratar de dar solución a las incógnitas que se nos plantean. Es necesario conocer parámetros cualitativos y cuantitativos que optimicen el rendimiento en BMP. La realización de carreras en arena puede resultar en un incremento del coste energético (Tabla 2).

Tabla 3: Resultados de diferentes estudios sobre el coeficiente del gasto energético entre la arena seca y una superficie rígida.

AUTOR	Coste energético arena respecto a superficie rígida
Zamparo <i>et al.</i> , (1992)	1,8 (caminando en arena a 3km/h ⁻¹)
Leujeune <i>et al.</i> , (1998)	de 1,6 a 2,5 en carrera de 2,1 a 2,7 caminando
Pinnington <i>et al.</i> , (2001)	1,6 en rendimiento aeróbico 3,7 en rendimiento anaeróbico 1,6 en carrera a 8km/h ⁻¹

En este estudio partimos de la hipótesis de que el lactato sanguíneo es uno de los principales limitadores del rendimiento en BMP dado el carácter anaeróbico de los esfuerzos que se realizan.

Diferentes estudios realizados en deportes de los denominados de cooperación-oposición de prestación mixta como baloncesto, voleibol, fútbol, fútbol-sala o rugby confirman este hecho.

Tabla 4: Mediciones de lactato en diferentes estudios sobre deportes colectivos de cooperación oposición de prestación mixta

AUTOR	DEPORTE	mmol/l
González et al. (2002)	Voleibol	Máximos 11,4 mmol/L
Salinas et al. (2003)	Baloncesto	Hasta 8,9 mmol/L en función del puesto
Ruffino et al. (2003)	Rugby 7	12,9 mmol/L (1ª parte) 14,2 mmol/L (2ª parte)
Gorostiaga (2002)	Fútbol	2-12 mmol/L en función de las individualidades

En base a esto podemos predecir que, por las características propias del juego de BMP, la intensidad a la que se desarrolla, entendiendo por intensidad la cantidad de trabajo por unidad de tiempo, y la naturaleza de las acciones técnicas tanto defensivas como ofensivas, la acumulación de lactato sanguíneo será un indicador de la participación para la obtención de energía de la vía anaeróbica (glucólisis anaeróbica) pudiendo ser un limitador de la capacidad de rendimiento de un sujeto y, por lo tanto, una de las causas de fatiga en los jugadores.

3.3.2. Sujetos

Doce jugadores de BM con experiencia a nivel nacional en BMP, con una edad media de $21,4 \pm 3,8$ años, peso de $79,68 \pm 13,87$ kg y altura de $1,78 \pm 0,07$ metros se sometieron voluntariamente a este estudio. El índice de masa corporal fue de $26,24 \pm 4,52$. Su perfil respecto a la experiencia en BMP se presentó con $7,17 \pm 2,86$

años practicando este deporte; $26,42 \pm 11,34$ partidos jugados en la temporada del verano de 2010 y $6,46 \pm 1,71$ horas de entrenamiento a la semana en BMP “a 7” en pista.

Tabla 5: Datos personales, antropométricos, IMC, experiencia en BMP y horas de entrenamiento semanal de los sujetos experimentales del estudio.

Edad (años)	Altura (m)	Peso (kg)	IMC	Exp.Años	Partidos 2010	Ento. h/sem
$21,42 \pm 3,8$	$1,78 \pm 0,07$	$79,68 \pm 13,28$	$26,24 \pm 4,52$	$7,17 \pm 2,86$	$26,42 \pm 11,34$	$6,46 \pm 1,71$

Estos 12 sujetos cumplían con un perfil adecuado para el estudio:

- a) Tenían un volumen medio-alto de competiciones a nivel nacional en la temporada de BMP.
- b) Llevaban más de 3 años participando en esta modalidad deportiva.
- c) Continúan jugando durante la temporada de invierno en BM “a 7” en pista con una competición semanales y, al menos, 4 horas de entrenamiento a la semana.

Ninguno de los sujetos experimentales sufría molestias musculares o presentaba algún tipo de lesión antes de realizar el estudio. Tampoco tomaban ningún tipo de sustancia ergogénica que pudiera alterar los datos recogidos. Todos fueron informados de las características del estudio y de cada una de las pruebas a las que se iban a someter. Todos dieron su consentimiento por escrito antes de iniciarse el procedimiento. Esta estudio se llevó a cabo de acuerdo a al Declaración de Helsinki. Se realizó en Octubre del 2010.

3.3.3. Procedimientos

Al inicio del estudio se pesó a cada sujeto experimental y se les asignó un pulsómetro. Los 12 sujetos experimentales se dividieron en 3 grupos diferentes de manera aleatoria para tener un mejor control en el registro de los datos. Posteriormente se les pidió que permanecieran sentados y que descansasen durante

20'. Una vez transcurrido este tiempo se procedió a la extracción de la primera muestra de sangre para obtener el nivel de lactato basal, previo a la realización del test de velocidad y de resistencia. Para la medición del lactato se tomaron tres muestras de sangre a cada uno de los sujetos experimentales: lactato basal (antes de cada test), lactato post-ejercicio (al finalizar el test de resistencia) y lactato transcurridos 3 minutos posteriores a la recuperación (una vez finalizado el test de resistencia). Cada una de las extracciones fue realizada por una Diplomada Universitaria en Enfermería. En cada toma se obtenían una extracción de 10 microlitros de sangre utilizando una pipeta y capilares Dr. Lange 10 microlitros. Con una lanceta se pinchaba en la yema de los dedos y se extraía una gota de sangre. Para el análisis del lactato se utilizó un analizador Dr. Lange. Miniphotometer plus LP 20 y sus reactivos correspondientes Lactat LKM 140. La FC se registró a través de pulsómetros Polar S610, S710 y S810, a lo largo del test de resistencia al finalizar cada periodo, quedando grabado el registro más alto. La RPE se registró con el uso de un panel informativo en el que aparecía el grado de fatiga que estaba a la vista de cada uno de los sujetos experimentales, que cantaban en cada minuto de la prueba el nivel de fatiga respecto a la Escala de Borg



Figura 2: Analizador, reactivos, capilares y lancetas utilizadas para las muestras de lactato.



Figura 3: Extracción con capilar de una gota de sangre.

3.3.4. Test de velocidad de 15m en arena seca

Antes de registrar la velocidad, los sujetos experimentales realizaron un calentamiento que consistió en 3 minutos de carrera continua suave; 5 minutos de estiramientos localizados principalmente en grupos musculares de piernas, tronco y espalda; 6 carreras progresivas sobre 15-20 metros que finalizasen en un 90-95% de su velocidad máxima. Antes de realizar la prueba, todos los sujetos realizaron 3 carreras en progresión (5m-10m-15m) hasta finalizar con 2 repeticiones submáximas en 15m.

Para medir la velocidad máxima de desplazamiento en arena seca se utilizaron células fotoeléctricas DSD-Sport SPEED 2.2 (León, España). Las mediciones se realizaron en los terrenos de juego de BMP pertenecientes al Ayuntamiento de Cádiz situados en la playa de La Victoria. Con una cinta métrica estandarizada de 25 metros se midió una distancia de 15 metros. Se marcó un punto medio del recorrido (7,5 metros). Posteriormente se situaron marcadores a los 0m, a los 7,5m y a los 15m a la altura aproximada de la zona abdominal de cada sujeto. Cada uno de los sujetos experimentales realizó dos intentos y se anotó la mejor de las marcas. Entre cada uno de los intentos descansaron activamente 3 minutos realizando estiramientos. Una vez obtenido el tiempo de cada sujeto en la prueba de velocidad se calculó la velocidad del sujeto en km/h a través de un sencillo cálculo matemático:

$3.600 \text{ seg} / [(t * 1000) / 15]$, donde t es el tiempo de la prueba de cada sujeto.

3.3.5. Test de resistencia (15m shuttle run test)

Para el test de resistencia, cada grupo realizó 2 minutos de carrera suave, ligeros estiramientos y movilidad articular. Para poder realizar este estudio se ideó un test de resistencia basado en el concepto de la Course-Navette y el *multistage shuttle run test* o los test de carrera progresiva en ida y vuelta. Se concluyó que la distancia de recorrido debían ser 15 metros, que coinciden con la distancia entre las dos áreas en el terreno de juego. La duración total de la prueba no debía ser superior a 10 minutos puesto que carece de sentido mantener un esfuerzo más allá del tiempo de duración

de un set en BMP. De esta manera cumplimos con el principio de especificidad del test.

Tabla 6: Características del test de resistencia (15m shuttle run test) para BMP.

Periodos	Distancia a recorrer	Nº recorridos por minuto	Total (m)	Intervalo de tiempo (seg)	Velocidad de desplazamiento (Km/h)
1	15	9	135	6,52	8,28
2	15	10	150	6,32	8,54
3	15	10	150	6	9,00
4	15	10	150	5,8	9,31
5	15	11	165	5,52	9,78
6	15	11	165	5,24	10,31
7	15	12	180	5,12	10,55
8	15	12	180	4,8	11,25
9	15	13	195	4,64	11,64
10	15	13	195	4,48	12,05
Metros recorrido al final de la prueba			1665		

Para facilitar la extracción de las muestras de sangre los sujetos realizaban el test en grupos de 4. Finalizada la prueba se registraba el tiempo, se ponía en marcha un temporizador de 3 minutos y se les extraía la muestra de sangre para comprobar el nivel de lactato justo al finalizar el esfuerzo. Transcurridos +3 minutos de recuperación se les realizaba la última extracción de sangre la última comprobación de lactato. En este test se registró la distancia recorrida, el tiempo de prueba, FC y la RPE.

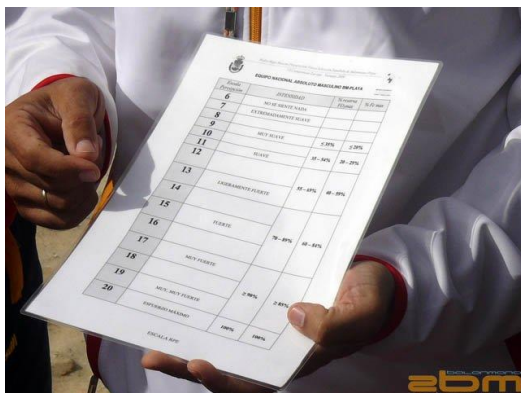


Figura 4: Escala de Borg de 15 grados utilizada durante el test de resistencia



Figura 5: Colocación de un transmisor Polar a un sujeto experimental

3.4. Análisis estadístico

Dada la naturaleza del diseño descriptivo de nuestro estudio, el análisis estadístico descriptivo que se realizó fue la fiabilidad de medidas mediante el coeficiente α de Cronbach y el coeficiente de correlación de Pearson.

Para la descripción de los resultados se utilizaron medidas de tendencia central: *medias*; de variabilidad: *desviaciones típicas*; el número *n* de casos, valores máximos y mínimos y porcentajes, según los casos. La fiabilidad de las medidas se realizó aplicando el coeficiente α de Cronbach. Debido a que las medidas manejadas fueron continuas la relación entre las diferentes variables se realizó a través del *coeficiente de correlación bivariado de Pearson*.

3.5. Resultados

3.5.1. Test de velocidad de 15m en arena seca

Los resultados que se obtuvieron en la prueba de velocidad fueron los siguientes:

Tabla 7: Resultados obtenidos en segundos en la prueba de velocidad en 15 metros y velocidad expresada en km/h.

TEST DE VELOCIDAD 15m								
nº suj.exp.	1er intento (seg)			2º intento (seg)			mejor marca (seg)	km/h
	0-7,5m	7,5-15m	total	0-7,5m	7,5-15m	total		
1	1,72	1,23	2,95	1,69	1,31	3,00	2,95	18,31
2	1,78	1,28	3,06	1,61	1,27	2,88	2,88	18,75
3	1,54	1,09	2,63	1,37	1,12	2,49	2,49	21,69
4	1,61	1,05	2,66	1,54	1,17	2,71	2,66	20,30
5	1,51	1'14	2,65	1,49	1,09	2,58	2,58	20,93
6	1,66	1,27	2,93	1,66	1,23	2,89	2,89	18,69
7	1,81	1,29	3,1	1,73	1,29	3,02	3,02	17,88
8	1,56	1,11	2,67	1,58	1,16	2,74	2,67	20,22
9	1,56	1,13	2,69	1,48	1,1	2,58	2,58	20,93
10	1,83	1,41	3,24	1,72	1,35	3,07	3,07	17,59
11	1,57	1,19	2,76	1,48	1,22	2,7	2,7	20,00
12	1,58	1,21	2,79	1,64	1,24	2,88	2,79	19,35

La media de la velocidad máxima que se alcanzó por la muestra fue de 2.77 ± 0.35 . El coeficiente de fiabilidad α de Cronbach fue de 0.954 significando una fiabilidad muy alta en esta medida.

3.5.2. Test de resistencia (15m shuttle run test)

En la prueba de carrera continua progresiva en ida y vuelta sobre 15 metros (test de resistencia anaeróbica) los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes (Tabla 8):

Tabla 8: Resultados del test de resistencia anaeróbica para BMP. Se muestran los resultados del tiempo del test, metros recorridos durante el test, % de la velocidad máxima de cada sujeto en función del test de velocidad, FC máxima alcanzada durante el test, FC máxima teórica en base a la fórmula: $209 - (0.7 \cdot \text{edad})$ (Karvonen, 1957), % de la FC máxima en relación a la máxima registrada durante el test, RPE en el minuto 1, RPE en el minuto 3 o, en su caso, la RPE máxima anotada al finalizar la prueba y muestras de lactato recogidas: basal, post-ejercicio y a los 3 minutos de la recuperación.

SUJETO	Tiempo de prueba	metros recorridos	% vel.máx	Fc.max test	Fc. med.test	Fc.máx teor.	% test fc max	RPE1'	RPE3'	RPE max	LACTATO		
											BASAL	POST	+3'rec
1	6'40"	1025	57,62	190	182,71	195	97,44	14	17	17	1,66	11,9	11,3
2	2'00"	285	45,57	179	174,50	195	91,79	15	-	18	1,67	11,1	13,5
3	5'00"	750	45,11	183	177,20	193,6	94,52	12	18	18	2,09	11,2	12,4
4	5,42	865	50,76	181	170,67	193,6	93,49	11	17	18	1,46	10,6	12,1
5	5'39"	857	49,24	187	170,50	193,6	96,59	12	16	18	3,59	14,1	14,9
6	2'20"	330	48,17	177	174,67	188,7	93,80	14	17	17	3,22	14,3	14,5
7	3'08"	450	49,83	188	182,33	188,7	99,63	14	18	18	3,22	8,73	11,9
8	5'15"	795	57,63	179	171,33	195	91,79	10	11	18	1,01	6,74	11,7
9	3'20"	485	46,03	190	183,33	195,7	97,09	12	15	15	0,97	11,9	12,9
10	1'43"	240	40,82	192	191,50	195,7	98,11	15	-	17	2,36	6,11	11,2
11	4'05"	595	48,91	199	185,50	196,4	101,32	12	16	16	6,35	12,8	19,8
12	5'00"	750	50,54	183	170,50	197,1	92,85	10	17	19	2,49	13,2	15,7

Tabla 9: Estadísticos descriptivos del test de resistencia anaeróbica para BMP. Se muestra la media y la desviación típica. En la tabla se puede ver: los metros recorridos en el test de resistencia sobre 15m y el tiempo de duración en la prueba; el tiempo en el test de velocidad de 15m y la velocidad en km/h, así como el % de velocidad de carrera alcanzado en el test de resistencia; la FC máxima, la media, la FC máxima teórica y el % de intensidad en el test de resistencia sobre la FC máxima teórica; los registros de RPE en el primer minuto, a los 3 minutos y el máximo, así como las muestras de lactato basal, post-ejercicio y el lactato después de 3 minutos de recuperación.

Estadísticos	metros recorr. en test	Tiempo de prueba	veloc.max test 15m	Vel. max. km/h	% test Vel. max	Fc Max test	Fc media test	Fc max teorica	% .fc. max	RPE1	RPE3	RPE max	lact. basal	Lact post.ej	lact.+3 min
<i>N</i>	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
<i>Media</i>	618,92	4,03	2,77	19,55	49,19	185,67	177,90	194,01	95,70	12,58	16,42	17,42	2,51	11,06	13,49
<i>Desv. típ.</i>	258,16	1,61	0,19	1,32	4,84	6,49	7,02	2,71	3,12	1,78	1,93	1,08	1,49	2,66	2,47

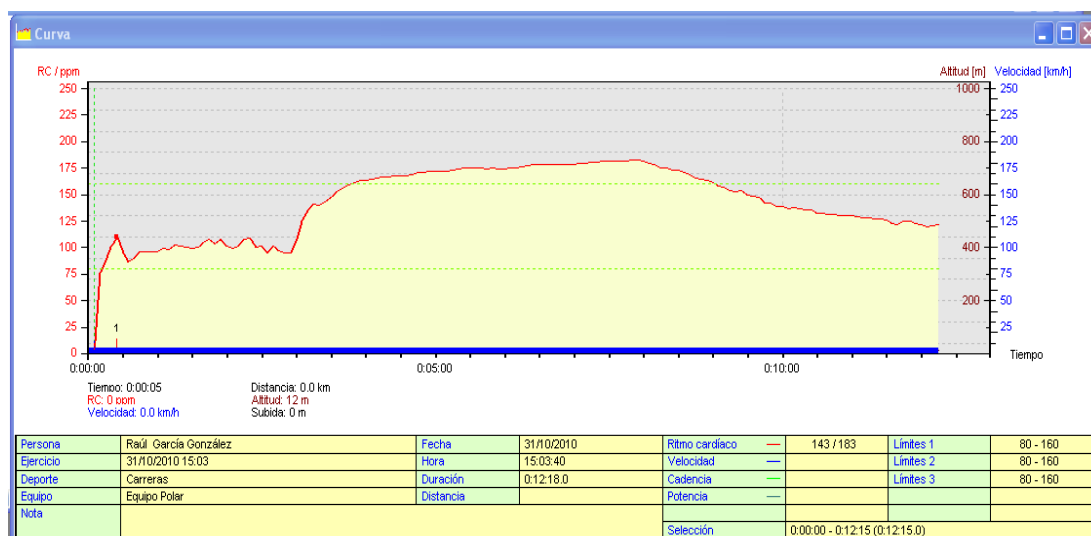


Figura 6: Resultados de la prueba del sujeto experimental 12 durante el test de resistencia. En la misma podemos apreciar la frecuencia cardíaca desde el comienzo de la prueba y hasta el final, pudiendo seleccionar zonas de trabajo.

La prueba de la α de Cronbach determinó la fiabilidad de las mediciones de la RPE en 0.467; para la FC máxima y la FC media es de 0.864; para el lactato, la fiabilidad de la medida dio un resultado de 0.788. En la figura 7 se muestra la RPE de cada uno de los sujetos experimentales.

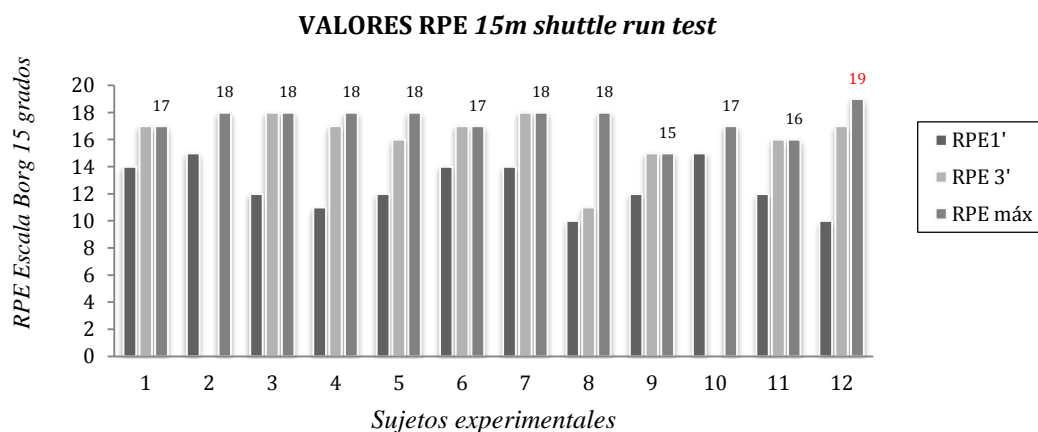


Figura 7: RPE de los sujetos durante el test de resistencia. En gris claro se muestra la RPE a los 3' en los sujetos que continuaron más allá de este tiempo la prueba o el máximo de los que duraron menos de este tiempo.

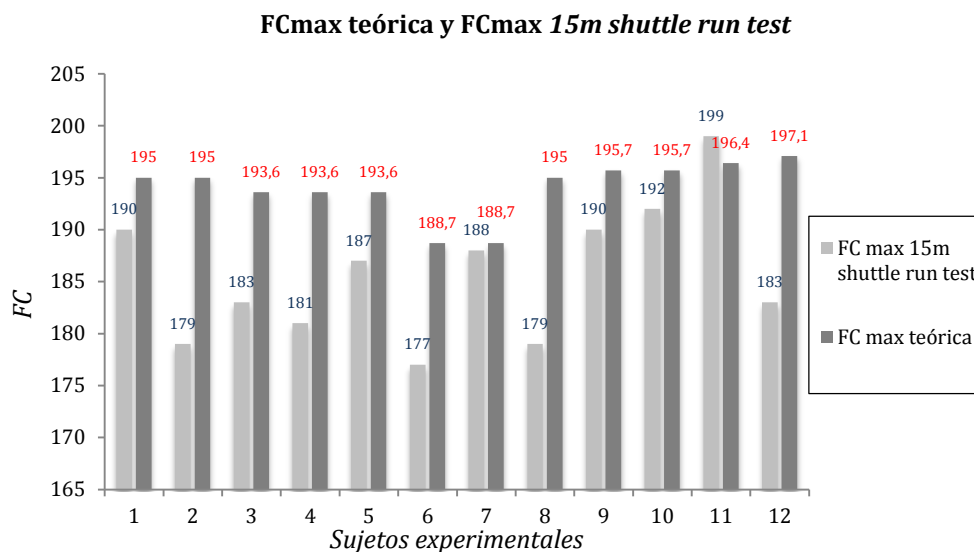


Figura 8: Relación entre la FC máxima durante el test de resistencia y la FC máxima teórica. Se muestra la línea de tendencia entre ambas variables.

La figura 9 muestra los niveles de lactato de los sujetos experimentales en el estudio. Destaca de entre todos el nivel basal del sujeto 11, que presenta valores que son curiosamente elevados con respecto a los demás en las tres medidas.

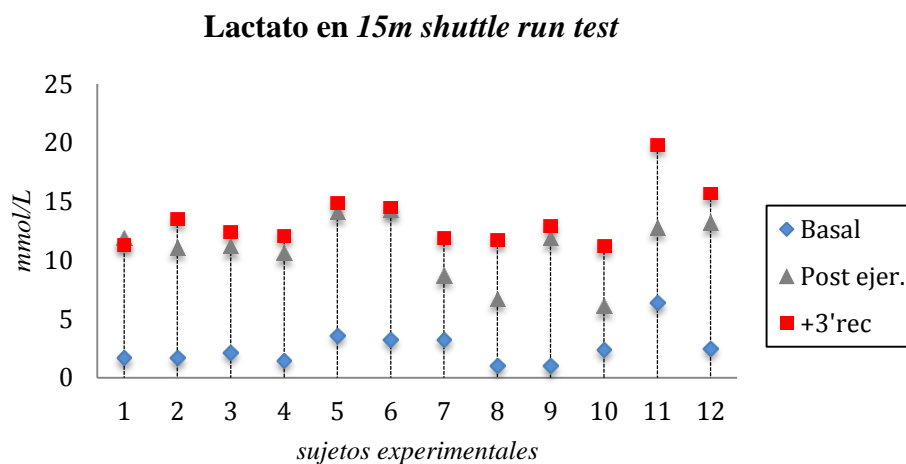


Figura 9: Niveles de lactato recogidos en las diferentes muestras a los sujetos experimentales. En color celeste se representa el lactato basal; en color amarillo el lactato post-ejercicio y en color rojo el lactato +3' recuperación.

La prueba de Pearson estableció una alta correlación entre el lactato basal y el lactato +3'min recuperación ($p < 0.01$; 0.819) (figura 13); también se dio una correlación entre el lactato post-ejercicio y el lactato +3'min recuperación ($p <$

0.05; 0.613). De la misma manera la RPE máxima y la FC media durante la prueba muestran significación ($p < 0.05$; 0.646) (figura 14 y figura 15)

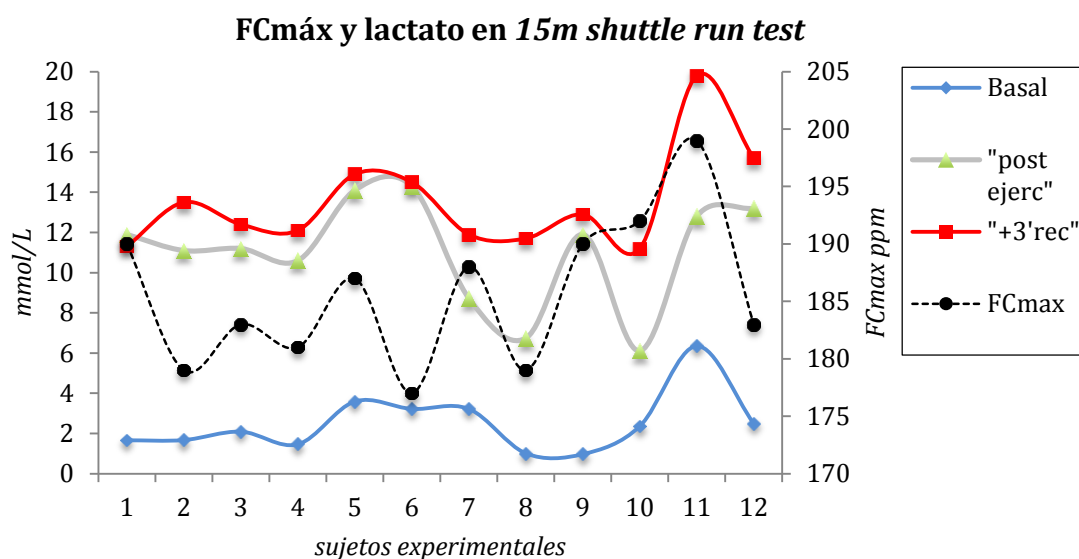


Figura 10: Relación entre la FC (máxima y media) y el lactato (basal, post-ejercicio y +3'rec. durante la realización del test de resistencia). Se señalan los valores mínimos y máximos del lactato en mmol/L (negro) y en rojo la FC máxima (ppm).

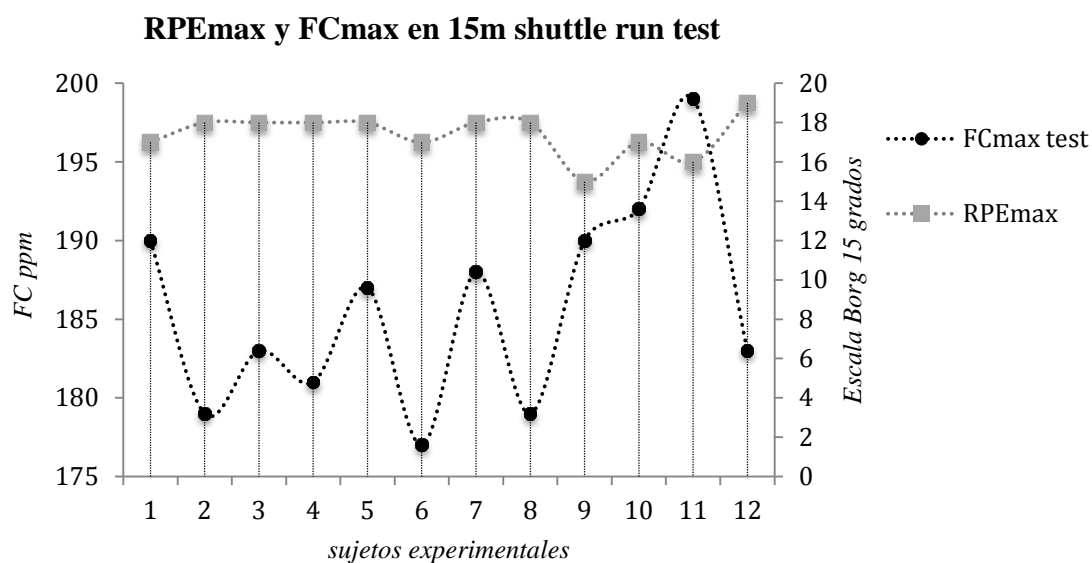
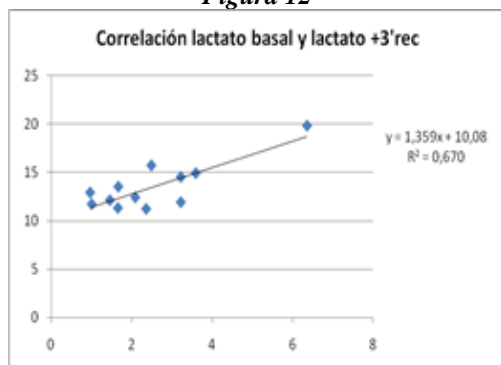
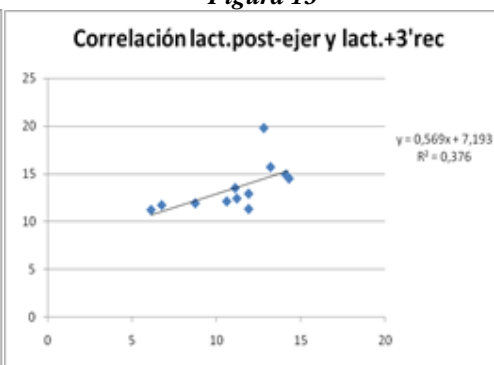


Figura 11: RPE máx. y FC máx. durante el test de resistencia

Figura 12**Figura 13**

Figuras 12 y 13: Correlación entre el lactato basal y el lactato +3'min de recuperación ($p < 0.01$; 0.819) y entre el lactato post-ejercicio y el lactato +3' min de recuperación ($p < 0.05$; 0.613).

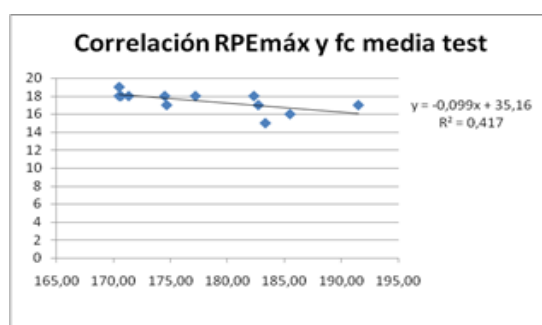


Figura 14: Correlación entre la FC media en el test de resistencia y el valor máximo de RPE ($p < 0.05$; 0.646).

3.6. Discusión

Lo novedoso del estudio que hemos realizado se encuentra en haber medido tres variables que están íntimamente relacionadas con el esfuerzo físico que se desarrolla en BMP. Los resultados obtenidos nos muestran una clara relación entre la intensidad de la FC, el aumento de la concentración de lactato en sangre y la sensación de fatiga subjetiva de un jugador de BMP. Sin embargo, las correlaciones entre estas tres variables no han sido significativas en todos los casos posibles. Muy seguramente tanto el bajo n de la muestra así como las características individuales de los sujetos experimentales influyeron en el resultado. A este hecho se adhiere la siguiente circunstancia particular: como ya hemos comentado, no existen estudios de referencia en BMP, por lo que no hay datos fiables al respecto. El hecho de que la FC, el lactato y

la RPE sean variables que han sido ampliamente estudiadas no es argumento suficiente como para considerar que los resultados obtenidos en esos estudios se puedan aplicar fielmente a este deporte que se juega en una superficie como la arena en la que el sólo hecho de desplazarse en carrera supone un incremento de 1,6 veces del costo energético (Lejeune *et al.*, 1998), es decir, que los desplazamientos en la arena seca suponen un 60% más de gasto energético para el organismo.

La FC que se registró en este estudio demostró que los sujetos experimentales alcanzaron una media del $95,7 \pm 3,12\%$ ($185,67 \pm 6,49$ ppm) sobre su FC máxima según fórmula de Karvonen (Karvonen, 1957) en el test de resistencia diseñado para el estudio de nuestras variables. Esta FC fue superior a los resultados obtenidos por Romsbotten *et al.*, (1997) en un estudio sobre déficit de oxígeno en test de ida y vuelta sobre 20m (*multistage shuttle run test*) de elevada intensidad (182 ± 12 ppm) e inferior a los resultados obtenidos en un estudio sobre la influencia de los test de ida y vuelta de 20m en el VO_2max y el lactato sanguíneo ($193 \pm 2,46$ ppm) (Ahmaidi *et al.*, 1992).

La FC en deportes de prestación mixta se ha medido a través de muchos y variados estudios. Barbero *et al.*, (2004) registraron frecuencias cardíacas superiores al 85% de la máxima en jugadores de fútbol-sala, concluyendo la evidencia de la participación de la vía anaeróbica láctica y la consecuente producción de ácido láctico a esas intensidades de trabajo. Este dato coincide con los resultados de nuestro estudio en el que a elevadas intensidades de trabajo cardíaco la participación de la vía anaeróbica láctica es demostrada por los niveles de lactato sanguíneo recogidos ($13,49 \pm 2,47$ mmol/L) y coincide con las apreciaciones de Billat (2003) en que las necesidades metabólicas del organismo dan una respuesta de aumento del gasto cardíaco en función de la intensidad del ejercicio. Las intensidades de FC en el test de resistencia realizado en arena tienen una alta coincidencia con estudios realizados en fútbol-playa (Castellano y Casamichana, 2010) que establece unos valores en torno al 90% de la FC máxima. Este estudio al que nos referimos se debe tener muy en cuenta porque el tiempo de duración de un encuentro de fútbol-playa es el mismo que en BMP, por lo que no es extraño pensar que en una situación real de juego la respuesta cardíaca de jugadores de BMP es muy similar.

Con estos datos, el test que hemos ideado a partir de la Course-Navette (Leger y Lambert, 1982) podría ser un buen referente para conocer el estado real de forma física

y el potencial anaeróbico de un sujeto para la práctica de este deporte. El estudio de Lara (2010) sobre la FC en jugadoras durante partidos de BMP establece valores del 80-83% sobre la FC máxima, registrándose medias de 149.94 ± 11.96 ppm en la primera parte y 156.08 ± 11.43 ppm. Estos estudios siguen sugiriendo una intensidad de esfuerzo muy elevada y la evidencia de fases anaeróbicas intensas en el desarrollo del juego de la misma manera que nuestro estudio demuestra la alta participación de la actividad metabólica láctica en desplazamientos intensos en arena seca. En nuestro estudio hemos registrado, como hemos señalado, una intensidad media de FC del $95,7 \pm 3,12\%$ ($185,67 \pm 6,49$ ppm). Debemos contemplar la posibilidad de que el registro es tan elevado porque, aunque la muestra seleccionada tiene sobrada experiencia y horas acumuladas en BMP y realizan entrenamientos en pista convencional de manera regular ($6,46 \pm 1,75$ h/semana), puede que se haya producido en los jugadores una inadaptación por el tiempo transcurrido desde el final de la temporada de verano a mediados de septiembre y la fecha de realización del test a finales de octubre, lo que podría ser significativo de la especificidad del BMP y argumento suficiente para establecer líneas de investigación en relación a esta variable de entrenamiento que sirvan de base a la planificación y programación de futuros entrenamientos mucho más específicos.

Los valores de lactato recogidos en nuestro estudio son mayores que los obtenidos en otros estudios realizados en deportes de prestación mixta. En voleibol se han registrado hasta $11,4 \text{ mmol/L}$ en determinadas fases del encuentro y en jugadores según puesto específico (González *et al.*, 2002); Salinas *et al.*, (2001) obtuvieron máximos de $8,9 \text{ mmol/L}$ en jugadores de alto nivel en baloncesto durante la competición, y coincidiendo con el estudio de González *et al.*, (2002) encontraron diferencias acentuadas en función del puesto específico y el momento del encuentro. Estos resultados sugieren la posibilidad de realizar un futuro estudio de campo en situación real de competición para el BMP, que nos permita comparar los resultados de FC, lactato sanguíneo y RPE que se obtengan en ese estudio con los resultados que de esta investigación hemos obtenido.

Los resultados de lactato recogidos en nuestro test de resistencia muestran más similitud con los resultados descritos por Ruffino *et al.*, (2003) en un estudio descriptivo en competición real realizado a jugadores de rugby siete ($12,9 \text{ mmol/L}$ y $14,2 \text{ mmol/L}$ en la primera y segunda parte). En este estudio se destaca que el 82% de los casos se ubicaban en las zonas de tolerancia al lactato. Ruffino *et al.*, (2003) señalan la capacidad de resíntesis del lactato por parte de un jugador como factor clave para el

rendimiento de los jugadores en deportes que se realizan a alta intensidad. Billat (1996) considera que la acumulación de lactato limita el rendimiento en esfuerzos comprendidos entre 30 segundos y 15 minutos e incluso menos. Según esto, los resultados de lactato sanguíneo de nuestro estudio ($13,49 \pm 2,47 \text{ mmol/L}$), la intensidad a la que se desarrolla el BMP y el límite de 10 minutos en cada set del juego sugieren que la acumulación de ácido láctico puede ser un factor limitante en el rendimiento en BMP. Sin embargo no hemos encontrado correlaciones entre los niveles de lactato, tanto basal, como post-ejercicio y +3 minutos de recuperación y la FC en este estudio. Este resultado coincide con el estudio de Ruffino et al., (2003) en el que tampoco se encontraron correlaciones significativas entre el lactato sanguíneo y la FC, con valores R similares a los encontrados en nuestro estudio ($R=0.39$ por $R=0.34$ de nuestro estudio). Esto puede ser debido a que la capacidad individual (sistemas tampón) de cada sujeto de tolerar niveles de ácido láctico elevados es diferente, de la misma manera que existen diferencias individuales en los valores de la FC. Estas diferencias sugieren que la FC no es un parámetro significativo de esfuerzos anaeróbicos y confirma que puede no haber correlación entre los valores de lactato y la FC máxima. Aún coincidiendo con estos autores, debemos volver a señalar que tanto el bajo n de la muestra y las diferencias individuales de condición física de los sujetos son variables a considerar en futuras investigaciones. Por otro lado, debemos tener en cuenta la relación intrasujeto que se da entre el tiempo de duración de la prueba y el nivel de lactato máximo alcanzado. Esto nos da una visión de lo anteriormente comentado: existen diferencias entre sujetos muy particulares en la capacidad de realizar un esfuerzo en arena seca. Estas diferencias se pueden observar claramente en la tabla 13, que nos muestra los tiempos de carrera, la distancia recorrida, frecuencias cardíacas y lactato acumulado de cada sujeto experimental. Se observa que sujetos con un tiempo de prueba de 6'40" minutos (sujeto experimental nº1) y sujetos con un tiempo de prueba de 1'43" minutos (sujeto experimental nº10) obtienen un nivel de lactato máximo de 11,9 mmol/L y 11,2 mmol/L respectivamente, con una FC máxima de 190ppm y 192ppm (97,44% y 98,11% de la máxima teórica) respectivamente, lo que nos da una clara idea de las diferencias grandes que pueden existir entre sujetos. Es por esto que las valoraciones de FC, nivel de lactato, RPE deben ser consideradas de manera individual y deben ser analizadas relacionándolas con el esfuerzo que el sujeto haya realizado.

Respecto a los resultados obtenidos por la RPE (Borg, 1970) sólo encontramos significatividad entre la RPE máxima señalada por cada sujeto y la FC media obtenida en el test ($p < 0.05$; 0.646). Hemos registrado una media del 95,7% de intensidad de la FC máxima teórica durante la realización del test, con un máximo del 101,32% (sujeto experimental nº11) y un mínimo del 91,79% (sujetos experimentales nº2 y nº8). El estudio de Feriche *et al.* (2002) en BM demuestra sobre la validez de la RPE como parámetro válido para el control de la intensidad del esfuerzo siempre que esta intensidad sea elevada. Nuestros resultados no coinciden con este estudio, probablemente por la falta de experiencia en el uso de este protocolo por parte de nuestra muestra experimental. De igual manera se apunta al $n=12$ de nuestra muestra. Pero es nuestra opinión que la no coincidencia de datos es más debida a la inexperiencia de la muestra utilizada. Es claro ejemplo de estas apreciaciones que el sujeto experimental nº11 señale un grado máximo de 16 en la escala que se corresponde con aproximadamente un 80% de la FC máxima (Borg, 1970) cuando su intensidad de trabajo cardíaco es superior al 100%. Podemos apreciar respuestas similares en varios de los sujetos experimentales, con lo que se evidencia la conclusión a la que llegamos: es necesaria experiencias previas en el uso de esta escala para poder obtener resultados fiables.

Por lo tanto, si bien los resultados del estudio muestran una relación entre las variables FC, acumulación de lactato sanguíneo y RPE, estas relaciones no son siempre significativas. Podemos achacar este hecho al tamaño de nuestra muestra y a la falta de experiencia en este tipo de instrumentos de medida. Sin embargo nuestros estudios coinciden con otros ya realizados en que no hay correlaciones significativas entre la FC y el nivel de lactato sanguíneo. Las relaciones entre estas variables se deben seguramente a características psicofisiológicas de cada sujeto y por eso deben ser estudiadas y analizadas en cada sujeto, especialmente en deportes como el BMP en el que la especificidad es muy alta, tanto por la naturaleza del juego como por el rol que desarrollan cada uno de los jugadores. Por otro lado, el lactato medido indica una participación muy importante de la vía glucolítica anaeróbica y podemos considerarlo como factor limitante del rendimiento en BMP. La intensidad del juego y la duración de cada uno de los dos sets del partido hacen que la acumulación de lactato sea un hándicap para los jugadores. La capacidad de eliminación y resíntesis (lanzadera de lactato) de cada sujeto serán factores importantes a tener en cuenta en futuras

investigaciones para determinar la capacidad de rendimiento en este deporte. El test de 15m en ida y vuelta ideado a partir de la Course-Navette (Leger y Lambert, 1982) de resistencia anaeróbica puede ser un instrumento útil para registrar la capacidad de esfuerzo anaeróbico que es capaz de soportar un sujeto en arena seca. Para dar consistencia a los resultados obtenidos sería necesaria la realización de este test con una muestra n mucho más grande o, como se ha sugerido, realizarlo con jugadores y jugadoras de máximo nivel mundial (integrantes de Selecciones Nacionales). Y por último, la RPE puede ser un instrumento de registro de la intensidad del esfuerzo muy fiable pero es necesaria la familiarización por parte de los sujetos experimentales para evitar alteración en los resultados.

3.7. Bibliografía

1. AHMAIDI, S; ADAM, B. & PREFAUT, C. Validité des epreuves triangulaires de course navette et de la course sur piste pour l'estimation de la consommation maximale d'oxygene du sportif. *Science Sports*, 1990. 5: 71-76.
2. AHMAIDI, S; COLLOMP, K. & PREFAUT, C. The effect of shuttle test protocol and the resulting lactacidemia on maximal velocity and maximal oxygen uptake during the shuttle exercise test. *European Journal of Applied Physiology*, 1992. 65: 475-479.
3. ÁLVAREZ MEDINA, J; GIMÉNEZ SALILLAS, L; CORONA VIRÓN, P. & MONONELLES MARQUETA, P. Necesidades metabólicas y cardiovasculares en fútbol-sala: análisis de la competición. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 2001. 87 (45-61), Barcelona.
4. ANTÓN GARCÍA, J.L. BM recreativo, para todos y en cualquier lugar. *Ed. Gymnos*, Madrid. 2001.
5. BAGO RASCÓN, P. Programación de la preparación física de las Selecciones Españolas Masculinas y Femeninas Absolutas de BMP. IV Campeonato del Mundo, Antalya, Turquía (22-27 de junio de 2010). RFEBM. (Trabajo no publicado).

6. BARBERO ÁLVAREZ, J.C; GRANDA VERA, J.. & SOTO HERMOSO, V.M. Análisis de la frecuencia cardíaca durante la competición en jugadores profesionales de fútbol-sala. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 2004. 77. 71-78.
7. BARRIOS DUARTE, R. Consideraciones sobre métodos de control psicológico en el entrenamiento de resistencia. *Revista digital efdeportes*. Buenos Aires, 8, 45. 2002.
8. BILLAT, V. Fisiología y metodología del entrenamiento *Ed. Paidotribo*, Barcelona. 2003.
9. BILLAT, V. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. *Sports Medicine*, 22 (3): 157-175. Sep 1996.
10. BILLAT, VL., SIRVENT, P; PY, G; KORALSZTEIN, JP. & MERCIER, J. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sport Medicine*. 33 (6): 407-26. 2003
11. BORG, G. Borg's perceived exertion and pain scales. *Human Kinetics*. 1998.
12. BORG, G: Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Rehab Medicine*, 1970. 2, 92.
13. BORG, G. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scandinavian Journal Work Environment Health*, 1990. 16 (suppl): 55-8.
14. CALDERÓN, F.J.; BENITO, PJ.; PEINADO, A.B. & DÍAZ, V. Significado fisiológico de la transición aeróbica-anaeróbica. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 2008. Vol. 8 (32) 321-337.
15. CASTELLANO, J. & CASAMICHANA, D. Heart rate and motion analysis by GPS in beach soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2010. 9 (98-103).
16. FERICHE, B; CHIROSA, L.J. & CHIROSA, I. Validez del uso de la RPE en el control de la intensidad de entrenamiento en BM. *Archivos de Medicina del Deporte* 2002. 91, 377-383.

17. GADOURY, C. & LEGER, L. Validité de l'épreuve de course navette de 20m avec paliers de 1 minute et du physitest Canadien pour predire la V_{O_2max} des adultes. *Rev. Sci. Tech Act Phys. Sport*, 1986. 13: 57-68.
18. GONZÁLEZ MILLÁN, C; UREÑA ESPÁ, A; NAVARRO VALDIVIESO, F; MARTÍN MORELL, A; SANTOS DEL CAMPO, J.A. & LLOP GARCÍA, F. La concentración de ácido láctico como índice de valoración de la contribución energética en el voleibol. *Revista Digital efdeportes*. Buenos Aires. 2002. Año 8, nº 46
19. GOROSTIAGA AYESTARÁN, E. Fútbol: bases fisiológicas, evaluación y prescripción del entrenamiento. *Cuadernos Técnicos de Deporte*, 2002. 13: 16-57.
20. JÓDAR MONTORO, R. Revisión de artículos sobre la validez de la prueba de Course navette para determinar de manera indirecta el VO_{2max} . *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 2003. Vol. 3 (11) pp. 173-181.
21. KARVONEN, M,J; KENTALA, E. & MUSTALA, O. The effects of training on heart rate. *Annals of Medicine and Experimental Biology Fenn*, 1957. 35, 307-312..
22. LARA COBOS, D. La frecuencia cardíaca durante la competición de BMP femenina. 2010. (Trabajo no publicado).
23. LEGER, L. & LAMBERT, J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO_2 max. *European Journal Applied Physiology*, 1982. 49 (1). 1-12.
24. LEGER, L; MERCIER, D; GADOURY, C. & LAMBERT, J. The multistage for aerobic fitness. *Journal Sports Science*, 1988. 6: 93-101.
25. LEUJENE, T.M; WILLEMS, P.A. & HEGLUND, N.C. Mechanics and energetic of human locomotion on sand. *The Journal of Experimental Biology*, 1998. 201, 2071-2080.
26. LÓPEZ CHICHARRO, J. & FERNÁNDEZ VAQUERO, A. Fisiología del ejercicio. *Ed. Panamericana* (3ª ed). 2006.

27. PALICZKA, VJ; NICHOLAS, AK. & BOREHAM, CAG. A multistage shuttle run test as a predictor of running performance and maximal oxygen uptake in adults. *British Journal Sports Medicine*, 1987. 4: 163-165.
28. POORTMANS, J; VLAEMINK, M; COLLIN, M. & DELMOTTE, C. Estimation indirect de la puissance aerobie maximale d'une population Bruxelloise maxculine et feminine agee 6-23 ans. Comparaison avec une technique directe de la mesure de la consommation maximale d'oxygene. *Journal Physiology*, Paris, 1986. 81:195-201.
29. RAKOVEC, D. Beach Handball: application and influence on indoor handball. *Web Publications*. Zu redigieren. 2009.
30. RAMSBOTTOM, R; NEVILL, A; M.SEAGER, R.D. & HAZELDINE, R. Effect of training on accumulated oxygen deficit and shuttle run performance. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 2001. Vol. 41, 3. 281-290.
31. RAMSBOTTOM, R; NEVILL, M.E.; NEVILL, A.M. & HAZELDINE, R. Accumulated oxygen deficit and shuttle run performance in physically active men and women. *Journal of Sports Sciences*, 1997. nº15, 207-214.
32. RUFFINO, J.D. & WHEELER, A. Niveles de lactato en sangre y frecuencia cardíaca en partidos de rugby modalidad seven. *Revista Digital efdeportes*. Buenos Aires, 2003. Año 8, nº 58.
33. SALINAS, E. & ALVERO, J.R. Niveles de ácido láctico en jugadores de baloncesto por puesto específico en competiciones oficiales. *Actas del I Congreso Ibérico de Baloncesto*. Cáceres. 2001.
34. VAN MECHELEN, W; HLOBIL, H. & KEMPER, HCG. Validation of two running test as estimates of maximal aerobic power in children. *European Journal of Applied Physiology*, 1986. 55: 503-506.
35. WILMORE, J. & COSTILL, D. Fisiología del esfuerzo y del deporte *Ed. Paidotribo*, Barcelona. 2007.

CAPÍTULO 4: Estudio 2. Efectos de la aplicación de un entrenamiento pliométrico combinado con sprint en arena seca sobre parámetros determinantes del rendimiento en jugadores de balonmano playa. (*Effects of plyometric and sprint training on sand on physical and technical skill performance in beach handball players*)

Estudio 2. Título: Efectos de la aplicación de un entrenamiento pliométrico combinado con sprint en arena seca sobre parámetros determinantes del rendimiento en jugadores de BMP

Study 2. Title: Effects of plyometric and sprint training on sand on physical and technical skill performance in beach handball players

4.1. Resumen

Objetivo: Determinar la influencia a corto plazo de un entrenamiento de pliometría (PT) combinado con sprint en arena seca durante cinco semanas para jugadores de balonmano playa (BMP) durante la pretemporada de arena. **Diseño:** 24 jugadores de BMP fueron distribuidos aleatoriamente en 2 grupos: grupo de control (GC, entrenamiento en arena únicamente) y un grupo experimental (GE, PT + sprint + entrenamiento en arena). Todos los jugadores entrenaron 4 veces en semana durante 5 semanas de pretemporada y el grupo experimental realizó el entrenamiento de PT correspondiente a cada semana (3 veces por semana). Las sesiones de PT con sprint tenían una duración de entre 25 y 40 min. en función de la carga correspondiente y se realizaban al comienzo de la sesión. **Métodos:** Test de SJ, CMJ y Abalakov, velocidad de desplazamiento en 15m, agilidad 10m, velocidad de lanzamiento y un test de resistencia basado en las características de la Course-Navette (*15m shuttle run test*) se midieron antes y después de las 5 semanas de entrenamiento. **Resultados:** Tras la realización del protocolo de PT se observaron mejoras significativas ($p < 0,05$) entre grupos y entre el pre y post test en el GE en la altura de salto SJ, CMJ y Abalakov; también mejoró significativamente el test de velocidad con 3 cambios de dirección realizados con y sin activación previa. Respecto al test de resistencia mejoró significativamente ($p < 0,05$) el tiempo de duración en la realización de la prueba con un 38,8% de mejora entre el post y pre test sin que se incrementase la FC ($195,25 \pm 9,4$ ppm en el pre-test frente a las $196,83 \pm 7,3$ ppm en el post-test) y con una mayor cantidad de lactato recogido a los 3 min de recuperación (15,94% de cambio). Finalmente, también mejoró significativamente la velocidad de lanzamiento específico de BMP, especialmente en los realizados en salto (5,39% de mejora) y con giro o *spin shot* (6,13% de mejora). En el GC sólo hubo mejoras significativas entre el pre y post

test en el tiempo de realización de la prueba de resistencia (9,45% de mejora), seguramente como consecuencia de procesos de adaptación al medio.

Palabras clave: PT, agilidad, aceleración, salto vertical, velocidad de lanzamiento, lactato, frecuencia cardíaca

Abstract

Objective: To determine the influence of a short-term combined plyometric and sprint training (5 weeks) on sand on explosive and technical actions of beach handball (BH) players during the preseason. **Design:** Twenty-four BH players were randomly assigned to 2 groups; control group (CG) (BH training only) and experimental group (EG) (plyometric + sprint + BH training). All players trained BH four times per week during five weeks and the EG supplemented the BH training with a proposed plyometric-sprint training program for 40 minutes (three days per weeks). **Method:** SJ, CMJ and Abalakov vertical jump, 15-m sprint, 10-m agility, BH throwing speed and modified Course-Navette test were measured before and after training. The experimental groups followed a 5-week plyometric and sprint program (i.e., jumping, hurdling, bouncing and skipping) implemented before the handball training. **Results:** After performing plyometric-sprint training significant improvements in jump height ($p < 0.05$) between groups and between pre and post test in EG, SJ, CMJ and Abalakov were observed; we also observed significantly improvements on agility test with 3 changes of direction, performed with and without pre-activation. Regarding endurance test, significant improvements ($p < 0.05$) were recorded with a 38.8% improvement between pre and post test. HR did not increase (195.25 ± 9.4 ppm on the pre-test compared to 196.83 ± 7.3 ppm in the post-test) performing the 15m shuttle run test and a greater amount of lactate collected at 3 min of recovery (15.94% change). Finally, also recorded a higher speed on specific BH throws, especially on three steps with jump (5.39% improvement) and spin shot (6.13% improvement). In the CG, the only significant improvement was observed at 15m shuttle run test (9.45% improvement). A specific combined plyometric and sprint training within preseason BH practice improved explosive actions compared with conventional BH training only. Therefore, the short-term combined program had a beneficial impact on explosive actions, such as sprinting, change of direction, jumping, and throw speed which are important determinants of match-winning actions in BH performance. Therefore, we propose modifications to current training methodology for

BH players in preseason to include combined plyometric and speed training for athlete preparation in this sport.

Keywords: *plyometric, agility, acceleration, vertical jump, throwing speed*

4.2. Introducción

Aunque el BMP aún no es un deporte olímpico tiene cada vez más seguidores a lo largo del mundo y es practicado por jugadores profesionales y amateur de BM en pista o “a 7” que combinan las temporadas de invierno y verano. Sin embargo, a pesar de un aumento en su profesionalización hay una escasez de datos en investigación en relación con el rendimiento en BMP. Las causas de esto pueden ser debido a dos motivos: por un lado, la mayor parte de las investigaciones que se han publicado son referidas al BM en pista; de otro lado, la mayoría de los entrenadores han adoptado posturas conservadoras respecto al rendimiento en el entrenamiento en BMP.

El BMP es un deporte de equipo de los denominados de cooperación-oposición con un contacto físico más limitado (por estar más sancionado) que en BM en pista, en el que aparecen una gran cantidad de acciones intermitentes de desplazamientos, saltos, giros y lanzamientos que se realizan de manera explosiva y repetida la mayoría de las veces. Esto requiere de unas características fisiológicas muy específicas, particularmente por la capacidad para realizar acciones musculares explosivas de manera repetida e intermitente como sprint, saltos, giros, blocajes, cambios de dirección, lanzamientos... que son muy importantes a la hora de obtener rendimiento (Gorostiaga *et al.*, 2006; Chelly *et al.*, 2011; Sibila *et al.*, 2004).

Aunque los sprint a máxima velocidad aparecen sólo en un 11% de la distancia total de un partido de BM (Sibila *et al.*, 2004) momentos claves de un encuentro como ganar la posesión de un balón u obtener un gol dependen directamente de esta acción (Sibila *et al.*, 2004). La aceleración, el salto, la agilidad con cambios de dirección, arrancadas y paradas son elementos cruciales de un juego rápido (Sheppard *et al.*, 2006; Saez de Villarreal *et al.*, 2008; Sáez de Villarreal *et al.*, 2014). El análisis del juego en partidos de BM ha demostrado especial significación en 10-12m al sprint realizados en un

tiempo de 2,3 seg. y se han registrado una media de unos 50 giros por partido (Chelly *et al.*, 2011; Sibila *et al.*, 2004).

El entrenamiento de fuerza puede aumentar la disponibilidad de esta (Hermassi *et al.*, 2010; 2011) pero el entrenamiento explosivo de la PT puede mejorar la tasa de desarrollo de la fuerza en relación al entrenamiento tradicional con pesas (Herrero *et al.*, 2006). Algunos estudios no han visto mejoras significativas en un programa de entrenamiento de este tipo, lo que sugiere que el entrenamiento de fuerza en sí mismo carece de varios elementos importantes para el desarrollo de movimientos explosivos, incluyendo la estimulación nerviosa y la coordinación segmentaria, la especificidad en la ejecución del movimiento del ángulo de la articulación, la velocidad angular y las sobrecargas excéntricas (Van Muijen *et al.*, 1991).

El EP proporciona los estímulos necesarios y puede mejorar las contracciones explosivas (Sáez de Villarreal *et al.*, 2007). Este régimen de activación muscular resulta natural para muchos deportes, con su énfasis en saltar y lanzar, y es particularmente apropiado cuando hay una necesidad de desarrollar movimientos explosivos y capacidad de salto vertical previo al lanzamiento, con y sin giro de 360°, como ocurre en el BMP. Numerosos estudios nos informan que el entrenamiento pliométrico por sí solo es capaz de incrementar los beneficios en el rendimiento muscular de las extremidades inferiores y también contribuye al desarrollo de la energía, representando una ventaja significativa de este tipo de entrenamiento (Rimmer *et al.*, 2000; Markovic *et al.*, 2007, 2010; Asadi *et al.*, 2012; Arazi *et al.*, 2012; Asadi, 2013).

Con respecto a la influencia del EP sobre el rendimiento muscular debemos considerar el tipo y naturaleza de la superficie de entrenamiento. Se ha observado que la aplicación de un EP produce las mismas mejoras en el rendimiento muscular cuando se realiza en un entorno acuático (Arazi *et al.*, 2011; 2012), hallándose menos dolor y lesiones musculares que si se realiza sobre una superficie rígida. Robinson *et al.*, (2004) atribuyeron un menor dolor a la menor tensión producida en el sistema músculo-esquelético cuando se entrenó en un medio acuático frente al grupo de EP que entrenó en tierra, concluyendo que se obtienen los mismos resultados pero con menos daño muscular. Similares conclusiones fueron alcanzadas por Martel *et al.*, (2005) que tras la aplicación de un protocolo de PT en un medio acuático a jugadoras de voleibol

encontraron mejoras significativas en el salto vertical y un menor daño muscular en el grupo que entrenó la PT en el agua.

De manera similar, como la superficie de arena está asociada a un mayor grado de absorción de las fuerzas activas y a un menor impacto sobre los tejidos blandos y huesos que conforman las articulaciones durante la realización de ejercicios pliométricos (Barrett *et al.*, 1997), se ha observado un menor grado de lesiones musculares tras la aplicación de ejercicios pliométricos similares en arena en comparación con superficies duras de madera, sugiriéndose que el ejercicio físico realizado en arena seca produce un menor estrés sobre el complejo músculo tendinoso que reduce el daño muscular respecto a superficies más rígidas (Miyama *et al.*, 2004). Impellizzeri *et al.*, (2008) registraron mejoras similares en la capacidad de salto y carreras de velocidad después de aplicar un programa de EP durante 4 semanas en arena seca, comparando resultados en la arena y el césped.

El EP en arena seca puede tener mucha importancia por la absorción de impactos y la reducción de estrés articular y óseo (Bishop, 2003). Sin embargo, la fricción y la inestabilidad producida por la arena puede producir efectos negativos en el ciclo de estiramiento y acortamiento (CEA), disminución del reflejo miotático, degradación de la energía elástica potencial y un incremento de la fase de amortización que conlleva a una pérdida de rendimiento (Giatsis *et al.*, 2004; Impellizzeri *et al.*, 2008). Aunque numerosos trabajos han estudiado el efecto del EP en superficies rígidas, a nuestro entender, no hay información alguna sobre la eficacia del EP en arena para jugadores de BMP. En este sentido, sería interesante examinar la capacidad de adaptación de EP y el sprint en arena seca, debido a que algunos estudios en la literatura determinaron que la arena puede ser una mejor superficie para la realización de los ejercicios pliométricos y suponen, además, menor daño y dolor muscular en comparación con grupos que entrenaron en superficies duras y hierba (Miyama *et al.*, 2004; Impellizzeri *et al.*, 2008; Binnie *et al.*, 2013).

4.3. Metodología

4.3.1. Aproximación al problema de estudio.

Este estudio examinó los efectos de un programa de PT en arena seca combinado con aceleraciones (sprint de 15 metros) dentro de la práctica regular de BMP en su capacidad de salto, sprint, resistencia y la velocidad de lanzamiento específico en 24 jugadores de BMP. El programa fue incluido en las sesiones normalizadas de entrenamiento durante 15 sesiones (5 semanas) en la pretemporada de arena y se caracterizó principalmente por el corto plazo de tiempo (bajo volumen) y sesiones de intensidad media (entrenamiento de medio impacto).

Con el fin de determinar los efectos del EP, se seleccionaron las siguientes pruebas: (a) velocidad máxima en 15 m, con activación (3" isometría en 90° de flexión de piernas + 3 Squat 90° + 3" skipping) y sin activación (seg); (b) prueba de agilidad de 10m con tres cambios de dirección (seg), con y sin activación; (c) salto vertical: Squat (SJ), salto con contra-movimiento (CMJ) y Abalakov (cm); (d) test de resistencia basado en el concepto de *shuttle run test*, en la que se registró el tiempo de duración en la prueba, el lactato sanguíneo (*mmol/L*), la frecuencia cardíaca (ppm) y la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) o escala de Borg de 10 grados; y (e) velocidad de lanzamiento específico de BM (se realizaron cuatro tipos de lanzamientos en una pista de BMP al aire libre: desde parados (lanzamiento de penalti), lanzamiento con 3 pasos en apoyo, lanzamiento con 3 pasos en salto y lanzamiento en salto con un giro de 360° en el aire previo a la ejecución –*spin shoot*-). Todos los lanzamientos se registraron en km/h.

Todas las pruebas se realizaron y registraron antes y después del período de entrenamiento de 5 semanas. Las pruebas iniciales se realizaron en 2 días (martes y jueves), como parte de un programa de pruebas regulares. Después de las mediciones iniciales, los sujetos se asignaron aleatoriamente a dos grupos: grupo control (GC) (n = 12) (sólo realizaba los entrenamientos sistemáticos de BMP) y grupo experimental (GE) (n = 12) (que realizaban el programa de EP + sprint y las sesiones de entrenamiento normalizado posteriores). Todas las sesiones fueron supervisadas. Cada sujeto del GE realizó los ejercicios a las 6:15 p.m. durante 3 días a la semana (antes del entrenamiento de BMP). Todos los participantes asistieron a tres prácticas por semana con una duración de entre 20 y 40 minutos (en función del volumen de carga de trabajo correspondiente). Los sujetos fueron instruidos para evitar cualquier actividad física

intensa durante la duración del experimento y para mantener sus hábitos alimentarios adecuados durante el mismo.

4.3.2. Sujetos

Este estudio incluyó como participantes a un grupo de 24 jugadores BMP (todos ellos jugadores del Club BM Playa Montequinto, Sevilla, España) con edades comprendidas entre 18 y 27 años (Tabla 1). Ninguno de los sujetos realizó entrenamientos regulares de fuerza y potencia o practicó deportes competitivos que implicara algún tipo de ejercicios de fuerza o esfuerzo durante el tratamiento pliométrico. Los criterios de exclusión incluyeron sujetos con problemas médicos potenciales o antecedentes de patologías en tobillo y rodilla en los 3 meses anteriores al estudio o sujetos con problemas médicos u ortopédicos que comprometieran su participación en este estudio, así como cualquier tipo de cirugía reconstructiva en las extremidades inferiores en los últimos 2 años o trastornos musculoesqueléticos sin resolver.

Todos los sujetos fueron cuidadosamente informados acerca de los procedimientos de experimentación y sobre el riesgo potencial y los beneficios asociados con la participación en el estudio y firmaron un documento de consentimiento informado antes de cualquiera de las pruebas que se llevaron a cabo. El estudio se realizó de conformidad con la Declaración de Helsinki II y que fue aprobado por el comité de ética del departamento responsable. Este estudio se llevó a cabo entre mayo 2012 y junio 2012.

Tabla 10: Datos de los sujetos experimentales de cada uno de los grupos, años jugando a BMP, torneos y partidos jugados en el año anterior.

	<i>Edad</i>	<i>Altura</i>	<i>Peso</i>	<i>Años BMP</i>	<i>Torneos 2011</i>	<i>Partidos 2011</i>
GE Sujetos n=12	23,50±4,93	180,92±5,95	79,08±8,3	5,25±3,22	5,33±1,92	29,42±13,39
GC Sujetos n=12	24,30±2,1	181,23±4,35	81,18±5,2	5,4±2,42	5,65±1,1	27,7±15,1

4.3.3. Test y mediciones

Previamente a la realización de las pruebas, los jugadores fueron familiarizados con los procedimientos de las mismas para la generación de fuerza y potencia mediante activaciones sub-máximas en los días antes de las mediciones. Las pruebas también se realizaron en los días previos para el control del entrenamiento. Todas las pruebas para determinar el salto vertical, sprint, agilidad, resistencia y velocidad de lanzamientos se

llevaron a cabo antes del inicio (pre-test) y al finalizar las 5 semanas de entrenamiento (post-test).

Las pruebas se realizaron en 2 días. El día 1, se realizaron las siguientes pruebas: medición de la talla, masa corporal, test de salto vertical (cm), y el test progresivo de carrera en ida y vuelta de 15m en ida (*15m shuttle run test*) (min). El día 2, el test de velocidad de 15 m (seg), la prueba de agilidad 10 m (seg) y las pruebas de velocidad de lanzamiento (km/h). Antes de las pruebas y después de completar las mediciones antropométricas de los sujetos se realizó un calentamiento estandarizado que consistió en 3 minutos corriendo a ritmo suave seguido por un ligero estiramiento. A continuación, los sujetos realizaron 7 minutos de calentamiento específico para BMP (cambios de direcciones, sprint, saltos, pases variados por parejas de balón y lanzamientos a media intensidad) para finalizar con 3 minutos de estiramientos dinámicos. Además, se permitió un descanso suficiente entre todas las pruebas con el fin de limitar los efectos de la fatiga en las pruebas posteriores.

Antropometría: Antes de la realización de las pruebas físicas, el peso corporal, la altura (Seca-balance, Seca 222, New York, NY, USA) y el porcentaje de grasa corporal fueron registrados. El porcentaje de grasa se calcula por medio de mediciones de pliegues cutáneos utilizando un pliegue cutáneo calibre Harpenden (ASSIST creativo Resources Ltd., Londres, Reino Unido). El 7-sitio de fórmula Jackson-Pollock (45), validado para su uso con los atletas, se utilizó en este estudio para estimar la densidad corporal. El porcentaje de grasa corporal se calculó utilizando la fórmula recomendada por el Colegio Americano de Medicina Deportiva (2), en función de la edad y el origen étnico. Dos profesionales experimentados evaluaron las medidas antropométricas a lo largo de todo el estudio. El coeficiente de correlación intraclase (CCI) fue de 0,98.

Salto vertical: Se registró el salto vertical a través de los test de squat jump (SJ), contramovimiento (CMJ) y Abalakov con el fin de maximizar la actividad del ciclo estiramiento-acortamiento y evaluar la fuerza explosiva de los músculos de las extremidades inferiores. Los test se realizaron utilizando una plataforma de contacto (Ergo Jump Plus Bosco System®, Muscle Lab. V7. 18, Langesund, Norway). En la realización del SJ y el CMJ, los sujetos fueron instruidos en la posición de las manos en la cadera sin que se separasen en ningún momento. El SJ es un salto que se lleva a cabo con las dos piernas apoyadas en la plataforma de fuerza en una posición mantenida de

90°, eliminando así la utilización de la energía elástica así como la participación del reflejo miotático (Bosco, 1991). Desde esa posición se realiza una extensión de piernas logrando de esta manera evaluar la fuerza explosiva del tren inferior. El CMJ es un salto que consiste en la realización de un movimiento de flexión y extensión de las rodillas hasta un ángulo de 90° desde la posición de bipedestación y con un movimiento rápido tratar de alcanzar la máxima altura posible. Determina, fundamentalmente, la fuerza explosiva con la utilización de la energía elástica que se acumula (Vélez, 1992). Por último, el Abalakov, que es un test de salto en el que permite la utilización de las manos y los brazos de manera libre mientras se realiza la ejecución del movimiento hacia abajo (flexión de rodillas) seguido de un salto vertical de máxima intensidad. Se instruyó a todos los sujetos para realizar el aterrizaje dentro de la plataforma, en posición vertical y con las rodillas ligeramente flexionadas. La media aritmética de 5 intentos de cada uno de los saltos fue utilizada en el posterior análisis estadístico. EL CCI fue 0.9 para el SJ; 0.92 para el CMJ y 0.91 para el Abalakov.

Test de velocidad en 15m. en arena seca: La velocidad en 15m se registró en dos distancias: 0-7.5 m. y 0-15 m. El test de velocidad de 15m se llevó a cabo en una pista exterior de BMP (en arena seca). Se realizaron dos tipos de test, con y sin pre-activación. En todos los test, los sujetos realizaron una salida estandarizada “*crouch start*”. Se situaron células fotoeléctricas de infrarrojos (Muscle Lab. V7.18. Ergotest Technology. Langesund, Norway).

Los sujetos realizaron dos pruebas de calentamiento a menor intensidad después de un calentamiento exhaustivo para que se familiarizaran con el dispositivo de control de la velocidad. Posteriormente realizaron dos repeticiones para cada uno de los sprint (con activación y sin activación) (figuras . Para el análisis estadístico posterior se utilizó la mejor de las marcas registradas. Entre cada uno de las repeticiones tenían 3 minutos de descanso. El CCI fue de 0,96 (figura 16).

Test de agilidad de 10m. El test de agilidad se realizó arena y consistió en 3 cambios de dirección de 60° sobre una distancia total de 10m (Meylan *et al.*, 2009). Se realizaron 4 repeticiones, dos con activación previa y dos sin activación previa, similares a los realizados anteriormente en la prueba de sprint de 15m. El sistema de salida y finalización de cada prueba era similar al utilizado en el test de velocidad. Picas de 1m de altas fueron clavadas en la arena indicando los puntos donde había que realizar el

cambio de dirección (Figura 15). No se permitió tocar las picas ni en los sprint ni en los cambios de dirección. Este test se seleccionó porque para su realización requería fases de aceleraciones, desaceleraciones y control del equilibrio (Sheppard, 2006).

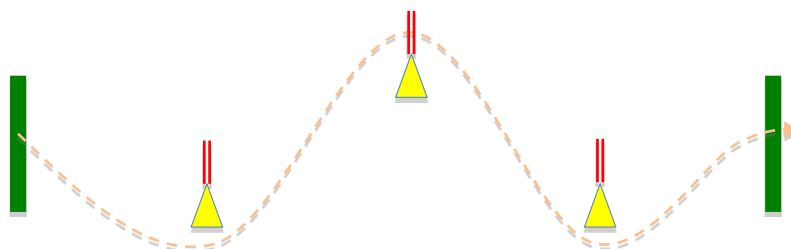


Figura 15: Test de agilidad de 10 m. Los 3 cambios de dirección de 60° se realizaron a las distancias de 2'5m, 5m y 7'5m).



Figura 16: Test de velocidad de 15m. Sujeto experimental realizando una de las series

Su simplicidad relativa minimiza el papel de los efectos de aprendizaje. Se completaron dos ensayos para cada tipo de prueba y la mejor de ellas se utilizó para el posterior análisis estadístico. Los sujetos disponían de tres minutos de descanso entre cada intento. El CCI fue de 0,93 para la prueba con la activación y 0,92 para la prueba sin activación.



Figura 17: Test de agilidad de 10 m. Sujeto experimental realizando su serie. La imagen muestra el primero de los tres cambios de dirección.

Test de velocidad de lanzamiento. Registramos la producción de fuerza balística (energía elástica) durante un lanzamiento de BMP en pista de arena. Para los lanzamientos, los sujetos fueron instruidos para usar su técnica para lanzar una pelota BMP tan rápido como sea posible a través de un objetivo estándar. Se llevaron a cabo pruebas de velocidad de lanzamiento después de 10 minutos de calentamiento estandarizado y utilizando un balón estándar y oficial de BMP (mod. Rasán nº 2, presión 100lbs, masa 360 g y diámetro de 17,5 cm).

Para simular una acción típica de lanzamiento en BMP, se le permitió a los jugadores preparar el lanzamiento y se les instruyó para lanzar a la máxima velocidad hacia el centro de la portería desde la línea de 6m. Los entrenadores supervisaron esta prueba de cerca para asegurarse de que se siguieron las ejecuciones correctamente.

Se realizaron cuatro tipos de lanzamiento desde la línea de 6m: de pie y desde parado (0 pasos), en apoyo con tres pasos, en salto con tres pasos y, por último, en salto con giro de 360° (*spin-shoot*, específico en la modalidad de BMP). Los sujetos realizaban 3 lanzamientos seguidos en cada una de las técnicas de lanzamiento. Disponían de un descanso de entre 5-10 segundos entre cada uno de los lanzamientos. La medición de los lanzamientos se registró utilizando un radar modelo Stalker-Sport-Radar (Texas, USA). Un investigador experimentado dirigía el radar hacia el punto de lanzamiento. El

mejor registro de cada tipo de lanzamiento se utilizó para el posterior análisis estadístico. El CCI fue de 0.90 para lanzamiento de pie sin pasos (lanzamiento de penalti), 0.88 para el lanzamiento en apoyo tras dar 3 pasos, 0.89 para el lanzamiento en salto tras 3 pasos y 0.87 para el lanzamiento tras giro de 360° en salto.



Figura 18: Test de velocidad de lanzamiento. Lanzamiento spin –shot en plena fase de vuelo. Se aprecia la posición dell investigador con el radar para registrar la velocidad del lanzamiento.

15m shuttle run test. Se diseñó un test adaptándolo a las características del BMP, especialmente a la superficie de juego, distancia de recorrido, tiempo e intensidad de la prueba (Bago *et al.*, 2013). Se midieron las variables de FC (ppm), duración (seg), lactato sanguíneo (mmol/L) y RPE (escala de Borg de 10 grados). Debido a que el BMP es un deporte que incluye fases de alta intensidad de manera intermitente, cambios de dirección de manera continuada, se desarrolla durante dos sets de 10' y que consideramos que la vía metabólica anaeróbica láctica es protagonista en los esfuerzos que se realizan, la idea de un test de carrera incremental en ida-vuelta puede asemejarse a lo descrito en un encuentro de BMP. Este test se utiliza para estimar la capacidad anaeróbica y la capacidad de esfuerzo intermitente de los sujetos, así como el incremento de la FC y la acumulación de lactato sanguíneo. Los jugadores comenzaron la carrera a una velocidad de 8,28 km/h y, quien alcanzara el último estadio de esfuerzo, la finalizó a 12,05 km/h en intervalos de 15m (ver tabla 6).

El esfuerzo en este test se registró también a través de la escala de Borg de 10 grados

(RPE). La RPE de cada sujeto se recogió en intervalos de 1' y justo después de la prueba usando la escala de Borg de 10 grados (Borg *et al* 1987). Previamente fueron informados sobre esta escala. Posteriormente, el valor de RPE se multiplicó por la duración total de la prueba (min), de acuerdo con Foster *et al.*, (2001). Este producto representa en un solo número de la magnitud de la carga de entrenamiento interno en unidades arbitrarias (UA). La distancia total recorrida en el test se registró para su posterior análisis. El CCI fue de 0,91.

Para registrar la FC durante la realización del test a cada uno de los sujetos se le asignó un pulsómetro codificado (Polar S810) que registró la información de FC máxima, FC media y permitió el cálculo intensidades de ejercicio. En este test se recogió el lactato basal de los sujetos y el lactato una vez finalizada la prueba y tras 3 minutos de recuperación. Se instruyó a los sujetos para que no realizaran ningún tipo de actividad antes de la prueba. Tras 20 minutos de reposo se realizó una primera extracción de una muestra de sangre y se obtuvo el lactato basal con un analizador Lactate Scout (SensLab GmbH, Leipzig, Alemania). Seguidamente, los sujetos realizaron un calentamiento estandarizado de 3 minutos de carrera continua suave y 5 minutos de estiramientos tras lo cual realizaron el test de resistencia. Finalizada la prueba y pasados 3 minutos del tiempo de recuperación, se volvió a tomar una muestra de sangre para obtener el lactato posterior al ejercicio.



Figura 19: 15m shuttle run test. Sujetos experimentales realizando el test.

4.3.4. Métodos de entrenamiento

El entrenamiento de BMP se realizó 4 días a la semana (M-X-J-V). El GE implementaba el entrenamiento de pista con el entrenamiento de PT más sprint propuesto. Al mismo tiempo, el GC realizaba el entrenamiento regular de BMP correspondiente. Este entrenamiento consistía en la realización de ejercicios de máxima intensidad voluntaria usando el propio peso corporal (ejercicios técnicos-tácticos). El EP-sprint se realizó 3 días a la semana (M-X-V) durante 5 semanas (desde mediados de mayo a principios de julio). La duración de cada sesión variaba en función de la carga de entrenamiento, siendo de unos 20' inicialmente y hasta unos 40' en la semana final y se componía de: 10' de calentamiento estándar (5 minutos de carrera a 6 km/h y ejercicios variados de desplazamiento, 4' de ejercicios de estiramientos y 2 ejercicios de saltos a sub-máxima intensidad; posteriormente se realizaba el trabajo de PT-sprint correspondiente y se finalizaba con 5' de ejercicios de estiramientos. Los ejercicios de PT consistían en squat jump (SJ), skipping, saltos a dos piernas, saltos laterales a dos piernas, saltos con flexión profunda y saltos alternativos con una pierna. Al finalizar cada serie en cada ejercicio se realizaba un sprint de 15 m. El tiempo de recuperación entre cada una de las series era de 1 minuto. Ningún sprint, técnica concreta o EP fue realizado por el GC. Este grupo llevó a cabo solo los mismos test iniciales y finales que el GE. El entrenamiento de BMP fue realizado en arena seca (de igual manera que en competición) con los sujetos debidamente preparados para ello. Todas las sesiones de entrenamiento fueron totalmente controladas y supervisadas por especialistas en entrenamiento de fuerza para asegurar que los ejercicios se realizaban con la técnica adecuada. Los sujetos fueron cuidadosamente instruidos antes del entrenamiento y recibieron información práctica además de realizar ensayos de familiarización en cada uno de los ejercicios. Los entrenamientos pliométricos se realizaban antes de la sesión de BMP. Se informó a los sujetos para que evitaran cualquier tipo de actividad intensa fuera de la programación de los entrenamientos durante el experimento. Además, se les alentó para que siguieran de manera normalizada sus hábitos de hidratación, alimentación y descanso mientras durase el estudio. El programa de entrenamiento seguido por el GE se resume en la siguiente tabla (tabla 11):

Tabla 11: Programa de y distribución de las cargas de EP.

Semana	1	2	3	4	5
Sesión/Ejercicios	S1-S2-S3	S4-S5-S6	S7-S8-S9	S10-S11-S12	S13-S14-S15
Squat Jump + 15 m sprint	3x10	3x15	3x18	4x12	4x15
Skipping + 15 m sprint	3x10	3x15	3x18	4x12	4x15
Salto dos piernas (40-60 cm) + 15 m sprint	3x 10 Max	3x 12 Max	3x 15 Max	3x 10 Max	4x 12 Max
15m saltos dos piernas + 15 m sprint	3x10	3x10	3x12	3x12	4x10
Salto laterales (2 m) + 15 m sprint	3x10	3x10	4x10	4x10	3x15
Salto alternativos 1 pierna + 15 m sprint	3x10	3x12	3x12	3x10	3x12

4.4. Análisis estadístico

Se calcularon las estadísticas descriptivas (media \pm DE) para las diferentes variables. El coeficiente de CCI se utilizó para determinar la fiabilidad de las mediciones. Los efectos relacionados con la capacitación y las diferencias entre los grupos se evaluaron mediante un diseño factorial mixto de análisis de la varianza con el contraste de la F de Snedecor. Los tamaños del efecto (ESS) también se calcularon utilizando la d de Cohen. La significación estadística fue aceptada a un nivel α de $p \leq 0.05$.

4.5. Resultados

Al inicio del estudio, no se observaron diferencias significativas entre los grupos en ninguno de las medidas antropométricas, en los saltos, lanzamientos o las variables de velocidad medidas. Después de 5 semanas de entrenamiento, no se observaron cambios significativos en ninguna de las características físicas de los sujetos analizadas.

Test de salto vertical

Se produjeron aumentos estadísticamente significativos ($p \leq 0.0001$) en el GE en SJ (cm) (3.4 cm, 9.56%, ES = 0.69), en CMJ (2.6 cm, 6.93%, ES = 0.43) y en el Abalakov (2.59 cm, 5.98%, ES = 0.42), respectivamente. Se observaron diferencias significativas en la magnitud del aumento de entre el GE y CG en SJ ($p < 0.03$), CMJ ($p < 0.02$) y Abalakov ($p < 0.01$), después del entrenamiento (tabla 12).

Test de velocidad

Durante las 5 semanas de entrenamiento se observaron en el GE disminuciones estadísticamente significativas ($p \leq 0.0001$) en el tiempo de la velocidad en 15m sin activación (-0.07 seg, 3.01%, ES = 0.62), y con la activación (-0.08 seg, 3.08 %, ES = 0.57), respectivamente. No se observó diferencia significativa ($p = 0.05$) después del entrenamiento en la disminución del tiempo entre el GE y CG (tabla 12).

Test de agilidad

Se produjeron disminuciones estadísticamente significativas ($p \leq 0.0001$) en el GE en la prueba de agilidad sin activación (-0.53 seg, 10,8%, ES = 1.45) y con activación (-0.36 seg, 7.7%, ES = 1.3), respectivamente. Después del entrenamiento, se observaron diferencias significativas en la magnitud del aumento de entre el GE y el CG en la prueba de agilidad sin activación ($p < 0.0001$) y con la activación ($p < 0.0001$) (tabla 12).

15m shuttle run test

En el GE ocurrieron aumentos estadísticamente significativos ($p \leq 0.0001$) en el tiempo del test de resistencia (seg) (117 seg, 38.18%, ES = 1.22), en la producción de lactato tras 3' de recuperación después de la prueba (1.39 mmol / L, 15.94%, ES = 0.55) y en la carga de entrenamiento interno (18.25 AU, 36.08%, ES = 3.49), respectivamente. Se observaron diferencias significativas después del entrenamiento en la magnitud del aumento de entre el GE y CG en el tiempo total ($p < 0.004$), la producción de lactato ($p < 0.04$) y la carga de entrenamiento interno ($p < 0.0001$) (tabla 12).

Test de velocidad de lanzamiento

En el GE se observaron aumentos estadísticamente significativos ($p \leq 0.0001$) en la velocidad de lanzamiento con 3 pasos en apoyo (2.91 km / h, el 3.47%, ES = 0.54), con 3 pasos en salto (4.21 km / h, 5.39%, ES = 1.32) y con giro de 360° (4.29 km / h, 6.13%, ES = 0.8), respectivamente. Igualmente, se observaron diferencias significativas en la magnitud del aumento de entre el GE y el CG en la velocidad de lanzamiento de lanzamiento con 3 pasos en salto ($p < 0.02$) y lanzamiento con giro de 360° ($p < 0.05$) (tabla12)

Tabla 12: Resultados comparativos entre el GE y el GC tras la realización del EP en todas y cada una de las variables observadas .^a Diferencias significativas entre grupos.^bDiferencias significativas entre pre y post test. ES: Tamaño del Efecto (Effect Size)

	GRUPO EXPERIMENTAL (GE)				GRUPO CONTROL (GC)			
	(n = 12)		% DE CAMBIO	ES	(n = 12)		% DE CAMBIO	ES
	PRE	POST			PRE	POST		
Squat Jump (cm)	35.53 ± 4.9	38.93 ± 5.9 ^{ab}	9.57	0.69	34.21 ± 3.4	35.03 ± 5.1	2.39	0.24
Contra movimiento (cm)	37.55 ± 6.12	41.15 ± 5.8 ^{ab}	6.93	0.43	38.12 ± 5.2	39.05 ± 4.2	2.43	0.17
Salto Abalakov (cm)	43.29 ± 6	45.88 ± 6.43 ^{ab}	5.98	0.42	41.96 ± 4.8	42.87 ± 4.1	2.16	0.18
15-m sprint sin activación	2.46 ± 0.12	2.39 ± 0.1 ^b	3.11	0.62	2.44 ± 0.08	2.42 ± 0.12	0.81	0.25
15-m sprint con activación	2.47 ± 0.13	2.39 ± 0.14 ^b	3.17	0.57	2.45 ± 0.10	2.44 ± 0.08	0.40	0.10
10-m agilidad sin activación	4.92 ± 0.36	4.39 ± 0.32 ^{ab}	12.11	1.45	4.93 ± 0.28	4.81 ± 0.21	2.43	0.42
10-m agilidad con activación	4.74 ± 0.28	4.37 ± 0.31 ^{ab}	8.34	1.30	4.96 ± 0.29	4.83 ± 0.23	2.62	0.44
FCmáx shuttle run test 15m (ppm)	195.25 ± 9.4	196.83 ± 7.3	0.81	0.17	197.12 ± 10.2	198.26 ± 10.2	0.57	0.11
Lactato 3 min shuttle run test 15m (mmol/L)	8.73 ± 2.51	10.12 ± 1.64 ^{ab}	15.94	0.55	9.18 ± 2.18	9.12 ± 2.61	0.65	0.02
Internal Training Load Shuttle Run Test (AU)	50.57 ± 5.22	68.82 ± 6.12 ^{ab}	36.08	3.49	46.12 ± 4.34	50.17 ± 5.78 ^b	8.78	0.93
Tiempo de prueba shuttle run test 15m (seg)	307 ± 96.35	425 ± 63.64 ^{ab}	38.18	1.22	328 ± 13.67	359 ± 15.34 ^b	9.45	2.26
Lanzamiento de penalti (parado) (km/h)	79.5 ± 3.85	81.36 ± 5.20	2.34	0.48	81.32 ± 2.78	82.01 ± 2.46	0.84	0.24
Lanzamiento apoyo 3 pasos (km/h)	83.78 ± 5.35	86.68 ± 5.89 ^b	3.47	0.54	84.15 ± 4.11	84.76 ± 4.34	0.72	0.14
Lanzamiento en salto (km/h)	78.04 ± 3.20	82.25 ± 4.58 ^{ab}	5.39	1.32	78.62 ± 4.16	79.14 ± 4.25	0.66	0.12
Lanzamiento salto con giro 360° (km/h)	70.48 ± 5.39	74.78 ± 4.43 ^{ab}	6.13	0.80	70.89 ± 4.12	70.77 ± 4.21	-0.16	0.02

Correlaciones entre variables

En las siguientes tablas (13, 14 y 15) podemos ver cómo correlacionan estadísticamente las variables analizadas:

Tabla 13: Correlación entre las variables de salto, velocidad y agilidad en el post entrenamiento.

		SQUAT post	CMJ post	Abalakov post	VELOsin post	VELOcon post	AGILsin post
CMJ post	Pearson	.911					
	Sig. (bilateral)	.000					
ABALAKOV post	Pearson	.887	.951				
	Sig. (bilateral)	.000	.000				
VELOsin post	Pearson	-.271	-.308	-.352			
	Sig. (bilateral)	.395	.330	.262			
VELOcon post	Pearson	-.517	-.521	-.654	.655		
	Sig. (bilateral)	.085	.082	.021	.021		
AGILsin post	Pearson	-.400	-.481	-.400	.250	.369	
	Sig. (bilateral)	.198	.113	.197	.433	.238	
AGILcon post	Pearson	-.338	-.424	-.368	.301	.431	.970
	Sig. (bilateral)	.283	.169	.239	.341	.162	.000

Tabla 14: Correlación entre las distintas variables registradas en el shuttle run test de 15m

		SQUAT post	CMJ post	Abalakov post	SHUTTLE tiempo post	SHUTTLE fc post	LACT basal post
SHUTTLE tiempo post	Pearson	-.048	-.242	-.161			
	Sig. (bilateral)	.883	.450	.616			
SHUTTLE fc post	Pearson	.408	.405	.417	.294		
	Sig. (bilateral)	.188	.192	.178	.354		
LACT basal post	Pearson	.233	.167	.034	.057	.580	
	Sig. (bilateral)	.465	.605	.916	.859	.048	
LACT +3 post	Pearson	.280	.300	.216	.148	.210	.001
	Sig. (bilateral)	.377	.343	.500	.645	.512	.998

Tabla 15: Correlaciones entre la velocidad y la agilidad tras la finalización del entrenamiento PT en arena

		VELO sin	VELO sin post	VELO con	VELO con post	AGIL sin	AGIL sin post	AGIL con
VELO sin post	Pearson	.788						
	Sig. (bilateral)	.002						
VELO con	Pearson	.840	.641					
	Sig. (bilateral)	.001	.025					
VELO con post	Pearson	.716	.655	.956				
	Sig. (bilateral)	.009	.021	.000				
AGIL sin	Pearson	.847	.567	.774	.680			
	Sig. (bilateral)	.001	.054	.003	.015			
AGIL sin post	Pearson	.502	.250	.425	.369	.838		
	Sig. (bilateral)	.096	.433	.169	.238	.001		
AGIL con	Pearson	.757	.489	.644	.554	.939	.869	
	Sig. (bilateral)	.004	.107	.024	.062	.000	.000	
AGIL con post	Pearson	.569	.301	.494	.431	.847	.970	.847
	Sig. (bilateral)	.054	.341	.102	.162	.001	.000	.001

4.6. Discusión

El objeto de este estudio fue comprobar el efecto de un EP combinado con sprint de 15m realizados en arena seca durante 5 semanas, 3 veces por semana (15 sesiones), sobre diferentes variables de rendimiento de velocidad, agilidad, resistencia y potencia de lanzamiento en BMP. Los resultados mostraron claramente una mejora significativa del GE en las diferentes variables estudiadas tras la aplicación del entrenamiento de PT en comparación con el GC. Una de las novedades del estudio que hemos realizado es la población a la que se ha aplicado el protocolo de PT, ya que no existen trabajos específicos sobre la aplicación de esta metodología de entrenamiento a jugadores de BMP con unas características específicas. Los resultados muestran coincidencia con los obtenidos por Asadi (2011) que demostró un incremento de la actividad electromiográfica (AEMG), de la potencia muscular y de la capacidad de sprint y, como consecuencia, se mejora el rendimiento tras 6 semanas de EP y sprint en arena seca realizando drop jump (DJ) y CMJ combinándolo con sprint. Este autor se basa en la idea que la PT mejora la activación muscular como consecuencia de un incremento del reclutamiento de unidades motoras en una contracción voluntaria máxima. Recientes estudios recomiendan el EP en arena seca para la mejora del control postural y el incremento de potencia en el tren inferior después de lesiones del ligamento cruzado anterior de la rodilla (Asadi *et al.*, 2015). De igual manera, nuestros resultados están en consonancia con el estudio de Rajkumar *et al.*, (2013) que revelan que 6 semanas de entrenamiento con saltos en arena seca producen un incremento significativo en la fuerza explosiva del tren inferior. Otra de nuestras novedades, a diferencia del resto de estudios hallados en la literatura, es la reducción del periodo de entrenamiento a 5 semanas. Lo más referido que se ha estudiado respecto a la duración del entrenamiento de PT comprende entre 6 y 8 semanas de entrenamiento (Arazi *et al.*, 2014; Binnie *et al.*, 2013; Rajkumar *et al.*, 2013). Esta reducción que hemos planteado se debe a la poca disponibilidad de tiempo desde la finalización de la temporada regular de pista y el comienzo de temporada de arena, ya que, de manera general y aunque no hay estudios al respecto, podemos decir que la práctica totalidad de jugadores de BMP participan en la temporada regular de BM en pista (en diferentes categorías). Esto implica concentrar la carga de trabajo aunque existen estudios que aconsejan la necesidad de una recuperación suficiente entre sesiones de entrenamientos pliométricos (Chatzinikolaou *et al.*, 2010). Por otra parte, conocemos a través de los estudios de Leujeune *et al.*,

(1998) que el costo energético al realizar un esfuerzo de desplazamiento en arena seca presenta un coeficiente mayor de entre 1,6 (cuando se realiza corriendo) a 2,7 (cuando se realiza andando) con respecto a una superficie dura. También Pinnington *et al.*, (2001) compararon la diferencia de coste energético entre correr en arena seca y en césped a diferentes velocidades, hallando coeficientes de 1,5 y 1,4 en hombre y mujeres para esfuerzos aeróbicos en la arena respecto al césped y coeficientes de 3,7 y 2,7 en esfuerzos anaeróbicos. Por ello, y para evitar sobrecargas de trabajo, consideramos que el volumen de entrenamiento a la hora de preparar la temporada de BMP debe ser inferior en arena que en una superficie rígida. En la literatura están claramente demostrados y contrastados los efectos positivos del EP en el tren inferior cuando se realizan en superficies rígidas (Sáez de Villarreal *et al.*, 2013, 2012, 2008, 2007; Miller *et al.*, 2006; Saunders *et al.*, 2006; Fatouros *et al.*, 2000; Rimmer *et al.*, 2000; Gehri *et al.*, 1998). Estudios recientes evidencian las mejoras que en la musculatura del tren inferior produce el entrenamiento en arena seca respecto a superficies más rígidas o césped (Arazi *et al.*, 2014; Binnie *et al.*, 2013; Asadi, 2011; Impellizeri *et al.*, 2008; Miyama *et al.*, 2004). Estas evidencias se encuentran en consonancia con la hipótesis planteada en nuestro estudio en la que la mejora de la fuerza del tren inferior a través de trabajos pliométricos implementados con sprint en arena seca tiene un efecto positivo sobre la capacidad de salto, la capacidad de desplazamiento y la velocidad a la que este se realiza, con y sin cambios de dirección, y la mejora de la velocidad de lanzamientos específicos al mejorar la eficiencia mecánica como consecuencia de un mayor tiempo de vuelo en los lanzamientos en salto (con y sin giros de 360° -*spin shoot*-, específico en la modalidad de arena en BM) en jugadores de BMP. Los resultados de nuestro estudio muestran mejoras significativas ($p < 0.05$) en las variables estudiadas: Así encontramos mejoras en el salto vertical entre el GE y el GC en todos los tipos de saltos: Tras 5 semanas de entrenamiento se mejoró en 3.4 cm la altura de salto en un SJ (9.56% de mejora); 2.6 cm en CMJ (6.93% de mejora) y 2.59 cm en Abalakov (5.98% de mejora). Estos resultados coinciden con el estudio de Impellizeri *et al.*, (2008) que compararon un EP en césped y en arena seca, encontrando mejoras significativas para en el grupo de arena SJ con mejoras similares ($p < 0.001$) para los grupos de arena y de césped. Este estudio concluía con que se dieron mejoras en el salto CMJ en ambos grupos, siendo mayores en el grupo de entrenamiento en césped. Se destaca en el estudio de Impellizeri *et al.*, (2008) un bajo nivel de lesiones musculares en el grupo de EP en la arena, coincidiendo con estudios similares de Miyama *et al.*, (2004) del efecto sobre la

estructura del músculo al aplicar DJ en arena comparando a otros tipos de superficies más rígidas. Rajkumar *et al.*, (2013) estudiaron el efecto de 6 semanas de EP en arena seca en jugadores de voleibol, obteniendo como resultado un incremento estadísticamente significativo en la fuerza explosiva del tren inferior que mejoraba la altura del salto vertical. Nuestros resultados muestran claramente mejoras significativas ($p < 0.05$) en la fuerza explosiva reflejada en la altura de salto de SJ, CMJ y Abalakov en el GE en el pre y post test y en comparación con el GC.

Respecto a la realización de sprint en arena seca y la influencia de éstos sobre la mejora de rendimiento en BMP, encontramos diferencias significativas entre el pre y el post-test en el GE (-0,07 seg, con un 3.01% de mejora en la prueba sin activación y ligeramente superior -0.08 seg, con un 3.08% de mejora en la prueba con activación) pero no entre el GE y el GC. Esto puede significar que el propio entrenamiento en arena parecen mejorar ligeramente la velocidad de desplazamiento lineal en 15m. como consecuencia de procesos de adaptación al medio. El entrenamiento en arena supone mayores adaptaciones fisiológicas sobre la base de un mayor estímulo de entrenamiento por el mayor coste energético (Binnie *et al.*, 2014). La poca especificidad del entrenamiento de la velocidad puede ser el motivo del menor incremento en esta variable. Aún así, destacamos que el GE mejora ligeramente la velocidad de desplazamiento [0.07 seg. sin activación (3.11% de mejora) y 0.08 seg. con activación (3.17% de mejora)] con respecto al GC [0.02 seg. sin activación (0.81% de mejora) y 0.01 seg. con activación (0.4% de mejora). Estos resultados están en la línea de los obtenidos por Binnie *et al.*, (2013) en los que aparecen incrementos de mejora de la velocidad de desplazamiento en 20m realizados a lo largo de 8 semanas en grupos que combinaron arena y césped en el entrenamiento de velocidad, registrados a las 0, 4 y 8 semanas de entrenamiento. En este estudio en el que el objetivo del entrenamiento fue la mejora de la velocidad, el grupo de arena mejoró significativamente los tiempos de sprint en 20m entre las semanas 0-4 y la 4-8. Arazi *et al.*, (2014) realizaron un protocolo de EP con flexiones profundas y encontraron mejoras en la velocidad en 20m y 40m medidos en superficie rígida tras 6 semanas de entrenamiento. Comparando estos resultados con los obtenidos en nuestro estudio, podemos sugerir que el entrenamiento de PT con sprint de 15m durante 5 semanas pueden mejorar la capacidad de velocidad y que, posiblemente, una mayor especificidad del entrenamiento y una mayor tiempo de aplicación del mismo podrían reducir los tiempos en la velocidad de desplazamiento,

tanto en arena seca como en superficie rígida. Por otro lado, hemos encontrado mejoras altamente significativas en los test de agilidad de 10m con 3 cambios de dirección en el GE [0.53seg. sin activación (10.8% de mejora) y 0.36seg. con activación (7.7% de mejora)] y mejoras no significativas en el GC [0.12seg sin activación (2.43% de mejora y 0.13seg con activación (2.62% de mejora)]. Mori *et al.*, (2005) consideran la agilidad como la capacidad de realizar una secuencia de movimientos globales que incluyen cambios de dirección a alta velocidad sobre los tres planos del espacio. Es especialmente esencial para el logro del éxito en los deportes colectivos (Brughelli *et al.*, 2008). Young *et al.*, (2002) desarrollaron un modelo teórico en el que consideraban la cualidad de las piernas como uno de los 3 componentes de la agilidad y, a su vez, la potencia y la fuerza reactiva como factores claves de este componente. En BMP la continua necesidad de ajustarse a la situación del balón, a los compañeros y a los adversarios y las relaciones de comunicación y contra comunicación que se desarrollan (Antón, 1998) se convierte en fundamental para la obtención de éxito. Como venimos señalando, el EP en arena seca garantiza la mejora de la potencia del tren inferior. Pero a diferencia del BM en pista, el BMP tiene unas características particulares que hacen especialmente importante la mejora de la agilidad de los jugadores: la reducción de las medidas del terreno de juego y la propia superficie de arena obligan a estos a realizar continuas acciones explosivas de cambios de dirección y ritmo en espacios pequeños y a una velocidad elevada (máxima en ocasiones) en función de la situación concreta de juego. Como deporte colectivo de cooperación-oposición, el juego en BMP se desarrolla a través de un ciclo de continuas acciones ofensivas y defensivas. Es por ello que la mejora de esta capacidad se nos antoja como fundamental para incrementar el rendimiento en BMP. Los resultados obtenidos en nuestro estudio confirman que el EP mejora la agilidad y, podemos deducir, que incrementa las posibilidades de éxito en la resultante de la acción técnica perseguida.

El test progresivo de resistencia (*15m shuttle run test*) mostró diferencias significativas en las variables de tiempo de realización de la prueba (capacidad de resistencia) y lactato sanguíneo tras 3 minutos de recuperación que apuntan a que la mejora de la potencia del tren inferior como consecuencia de la aplicación de este protocolo de PT supone una transferencia positiva hacia estas variables de rendimiento en BMP registradas a través de este test. Los test progresivos de resistencia en recorrido de ida y vuelta han sido muchas veces estudiados (Ahmaidi *et al.*, 1992; Tomkinson *et al.*, 2003;

Lemmink *et al.*, 2004). Los resultados mostraron una mejora significativa ($p < 0,05$) en el tiempo de duración de la prueba en el GE [117seg (38.18% de mejora)] con respecto al GC y en el GC [31seg (9.45% de mejora)] ($p < 0.05$) con respecto al pre-test. Estos datos demuestran, en primer lugar que, en base a los principios de adaptación y de especificidad, el entrenamiento en arena seca mejora por sí solo la capacidad de resistencia en este medio dado que ambos grupos mejoraron el tiempo de realización de la prueba. Pero además, se demuestra claramente que la mejora de la potencia en el tren inferior tiene un efecto positivo sobre la capacidad de resistencia en tanto en cuanto la mejora funcional de la musculatura del tren inferior favorece la capacidad de realizar desplazamientos en arena seca aunque, como hemos señalado, la realización de esfuerzos en este medio supongan un costo energético muchísimo mayor (Leujeune *et al.*, 1998; Pinnington *et al.*, 2001). Se demuestra, además, el principio de especificidad del entrenamiento respecto a la superficie de práctica. La adaptación al medio supone mejoras en factores de rendimiento como, en este caso, la capacidad de realizar un esfuerzo continuo incremental durante más tiempo. Es interesante destacar que la FC no presentó cambios significativos en ninguno de los grupos pese a que sí hubo un aumento en ambos grupos en el tiempo de duración en la prueba. No hubo variaciones significativas de la FC ni en el GE (pre-test: 195.25 ± 9.4 ppm; post-test: 196.83 ± 7.3 ppm, con un incremento del 0.81%) ni en el GC (pre-test: 197.12 ± 10.2 ppm; post-test: 198.26 ± 10.2 ppm, con un incremento del 0.65%). Es decir, la FC registrada en el pre-test y en el post-test fue prácticamente la misma en ambos grupos con la diferencia de que en el GE el tiempo de realización de la prueba fue más de 2 min superior en el post-test y la velocidad de carrera, al ser una prueba incremental, de mayor intensidad. La intensidad media de la FC respecto a la máxima alcanzada durante el pre-test (GE: $95.42 \pm 2.02\%$; GC: $96.34 \pm 1.84\%$ y post-test (GE: $95.73 \pm 2.3\%$; GC: $96.64 \pm 2.2\%$) coinciden con los estudios en BMP femenino sobre la FC registrada durante una competición femenina en el que se hallaron valores medios del 80-83% de la FC máxima y donde se consideraba la intensidad del ejercicio como vigoroso o muy vigoroso durante más del 70% del tiempo de juego (Lara, 2010). También es coincidente con lo hallado para otros deportes colectivos practicados en la arena seca como el fútbol playa donde se registraron FC medias de 85.6% de la máxima con un 59.3% del tiempo de juego por encima del 90% (Castellano *et al.*, 2010). Binnie *et al.*, (2014) registraron promedios de FC de 172 ppm en trabajos de carrera interválica estandarizada en arena seca, siendo significativamente superior al mismo tipo de

entrenamiento realizado en césped, evidenciando lo mismo que en nuestro estudio: el coste energético en arena seca es mucho mayor que en cualquier otro tipo de superficie y se ve reflejado en variables como la intensidad de la FC, entre otros. Los estudios comparativos de Binnie *et al.*, (2013) sobre esfuerzos de carrera interválica en arena y en césped muestran frecuencias cardíacas medias de 172 ± 4 ppm cuando se registraba en arena seca y de 163 ± 6 en hierba. A diferencia de nuestra prueba de resistencia, el estudio de Binnie *et al.*, (2013) es sobre esfuerzos interválicos que incluían periodos de descanso entre esfuerzos que, de manera evidente, facilitan la recuperación de la FC. Por tanto, encontramos semejanzas en la intensidad de la FC entre estudios diferentes realizados en arena seca y esos estudios son concluyentes en que los desplazamientos realizados en arena seca suponen al deportista trabajar a una alta FC. Esta elevada intensidad de la FC nos dice que la vía anaeróbica láctica es el principal medio para la obtención de energía y que la nivel de tolerancia al lactato se convierte en una variable de rendimiento fundamental para el éxito en BMP. La capacidad de los jugadores para soportar la lactacidemia muscular durante el desarrollo de un partido será fundamental para mantener un ritmo de juego que, tal y como muestran estudios referidos anteriormente (Lara, 2010; Castellano *et al.*, 2010), se desarrolla con intensidades de FC elevadas.

Al igual que en anteriores estudios (Bago *et al.*, 2013) y estrechamente relacionado con la FC y el tiempo de duración de la prueba de resistencia, se encuentra la cantidad de lactato acumulado post ejercicio. Se encontraron cambios significativos en el análisis del lactato sanguíneo realizado 3 minutos después de finalizar la prueba de resistencia en el GE, 8.73 ± 1.51 mmol/L en el pre-test y 10.12 ± 1.64 mmol/L en el post-test, lo que supone un porcentaje de cambio del 15.92%. No se encontraron cambios significativos en el GC con respecto al GE ni con respecto al pre y post-test en este grupo. La cantidad de lactato registrado en el post-test en el GE coincide con otros estudios encontrados en la literatura (Binnie *et al.*, 2014; Binnie *et al.*, 2013; Pinnington *et al.*, 2001). Los resultados hallados significan sobre la capacidad de realizar un esfuerzo de desplazamiento progresivo con cambio de dirección en arena seca que tras la aplicación de un entrenamiento de PT los sujetos del GE fueron capaces de soportar el esfuerzo durante más tiempo, a mayor velocidad y con una mayor cantidad de lactato acumulado como consecuencia del trabajo anaeróbico.

Durante el test de resistencia de 15m en ida y vuelta registramos la RPE de los sujetos. La RPE o escala de Borg es un parámetro de medida de la intensidad del ejercicio completamente válido ya que ha mostrado una buena relación de valores fisiológicos de laboratorio de FC y VO_2max extrapolados al terreno de juego en BM en pista (Feriche *et al.*, 2002). El control de la fatiga se antoja de manera concreta como elemento fundamental que puede ayudar a la mejora del rendimiento deportivo (Moya, 2004). En el BMP, por la naturaleza propia del juego, la capacidad de resistencia de un jugador es fundamental (elevado costo energético en arena seca, intensidad sub-máxima de la FC y condiciones medioambientales de calor en las que habitualmente se juega). De cara al control tanto del entrenamiento como de la competición en BMP la RPE puede ser una variable a tener en cuenta para conocer la intensidad del esfuerzo del jugador y el grado de fatiga que puede presentar en un momento determinado. Debido al elevado coste energético del trabajo físico en arena seca entendemos que grado de capacidad de un jugador de conocer su grado de fatiga convierte a la RPE en un instrumento muy útil de cara a dosificar esfuerzos, especialmente en situaciones de competición. De hecho, existe actualmente un mayor interés por tener una herramienta que igualmente se pueda utilizar en arena seca. Binnie *et al.*, (2013) encontraron valores de RPE en la escala de Borg de 15 grados de 18 y 19 grados sobre 20 en arena seca en comparación con el mismo tipo de trabajo interválico en hierba (15-16 grados). Estos datos submáximos y máximos los encontramos en anteriores estudios realizados (Bago *et al.*, 2013). Encontramos una correlación estadística ($p < 0.05$) entre la FC y la RPE máxima registrada en el post-test de resistencia sobre 15m.

La potencia de lanzamiento en BMP y la velocidad que se le aplica a el balón de juego en el momento que sale de la mano del lanzador es una de las variables que más influyen en el éxito de la acción para la obtención de un tanto . El lanzamiento en muchos deportes es una acción técnica que depende de la potencia (López *et al.*, 1996), hecho que aplicamos, por extensión, al BMP. Junto a la velocidad que alcance el balón en un lanzamiento se encuentra la precisión del mismo o, mejor dicho, la localización del lanzamiento, que no necesariamente en todas las ocasiones será más efectivo cuanto más alejado del portero se realice. Esta idea ha sido argumentada en varios estudios (Marques *et al.*, 2007; Fleck *et al.*, 1992; Van Muijen *et al.*, 1991). La velocidad de lanzamiento depende de una serie de factores como son la fuerza muscular del tren superior, de la técnica de lanzamiento y del grado de coordinación segmentaria y el

tiempo consecutivo de los segmentos corporales (Van Muijen *et al.*, 1991). Sin embargo, no hay registros de la velocidad de lanzamiento en BMP. La técnica del lanzamiento en BMP puede verse alterada por la superficie de juego. Desplazarse en arena seca es más complicado por la absorción de gran parte de la fuerza que ejercemos contra el suelo y recibimos menos fuerza de reacción para poder avanzar (Izquierdo *et al.*, 2008). Este fenómeno físico es aplicable a cualquier tipo de fuerza que se ejerza sobre la arena seca, también cuando se realiza un salto o se apoya el pie para tener un punto de apoyo desde el que se inicia una acción técnica. La acción de un lanzamiento en BMP es la resultante de una “composición de fuerzas” que aparece cuando más de una fuerza externa se aplica a un cuerpo o sistema. Esto es lo que ocurre cuando se realiza un lanzamiento en BMP. Van den Tillaar *et al.*, (2004; 2007) concluyeron que el papel del tronco y las extremidades inferiores es menor en un lanzamiento de 7m en jugadores de BM experimentados, aclarando que el 73% de la contribución a la velocidad tangencial del balón se debe a la rotación interna del hombro y a la extensión del codo y el 27% restante se puede atribuir a las acciones combinadas de otros segmentos corporales (Gutiérrez-Dávila *et al.*, 2011). Gorostiaga *et al.*, (2009), en un estudio comparativo del lanzamiento entre jugadores de BM de élite y amateur concluyó en que no hay correlación entre los valores de fuerza de las extremidades inferiores y la velocidad en un lanzamiento de 7m. Los resultados obtenidos en un lanzamiento desde parados (sin aplicar el ciclo de pasos) en nuestro estudio es coincidente con estos estudios. No hay diferencias significativas en un lanzamiento de *penalti* en BMP ejecutado desde una distancia de 6m en el pre y post test en ninguno de los grupos experimentales. Sin embargo, hay diferencias significativas en el lanzamiento en apoyo tras 3 pasos en el GE entre el pro y post-test (2.91 Km/h más veloz; 3.47% de mejora). Esto puede significar que la mejora de la potencia del tren inferior mejora la aceleración del cuerpo y, por tanto, la resultante de fuerzas, con lo que se consigue aplicar más fuerza de aceleración al balón en el momento del lanzamiento. En el GE aparecieron mejoras significativas en los lanzamientos que se realizaron con salto tras 3 pasos. Se registró una mejora en la velocidad del lanzamiento de 2.9 Km/h con un 3.47% de mejora. No se dieron mejoras significativas en el GC (0.61 Km/h con 0.72% de mejora). El lanzamiento en salto reflejó diferencias significativas entre grupos y entre el pre y post test en el GE (4.21 Km/h más rápido; 5.39% de mejora). No ocurrió así en el GC (0.52 Km/h de incremento de la velocidad; 0.66% de mejora). Respecto al lanzamiento con giro de 360° en el aire (*spin shoot*)

también registraron mejoras en el GE de 4.3 Km/h con un 6.13% de mejora. El GC disminuyó la velocidad de lanzamiento y registró -0.16% de mejora en el lanzamiento más específico que se realiza en BMP. Estos resultados son coincidentes con Gorostiaga *et al.*, (2009) que concluyeron en un estudio sobre la velocidad de lanzamiento en BM que en el lanzamiento en apoyo la fuerza de piernas es relevante resultando que en BM está relacionada tanto las propiedades intrínsecas de los músculos como la capacidad de transmitir de manera óptima el flujo de energía desde las piernas hacia los segmentos distales. Por tanto, podemos afirmar que la mejora de la potencia de la musculatura del tren inferior puede mejorar la velocidad de lanzamiento específico en BMP, especialmente en las condiciones particulares de disipación de fuerzas que tienen lugar en la arena seca. Los resultados de nuestro estudio así lo demuestra. Aún así, debemos tener en cuenta el tipo de tareas abiertas y las circunstancias cambiantes del entorno en todas y cada una de las acciones motrices y ejecuciones técnicas que tienen lugar durante el desarrollo de un partido de BMP y debemos considerar que los resultados de la potencia de lanzamiento pueden verse interferidos por múltiples variables extrañas que potencialmente pueden afectar la velocidad en un lanzamiento concreto, como por ejemplo, la intervención de un defensor, la situación del portero, momento de ejecución del lanzamiento, calidad en el pase o recepción del balón u orientación y posición del cuerpo respecto a la portería.

4.7. Bibliografía

1. AHMAIDI, S., COLLOMP, K. & PREFAUT, C. The effect of a shuttle test protocol and the resulting lactacidaemia on maxima velocity and maximal oxygen uptake during the shuttle exercise. *Eur. J. Appl Physiol.* 65:475-479. 1992
2. ANTON, J.L. BM. Táctica Grupal Ofensiva. Ed. Gymnos. 1998
3. ARAZI, H. & ASADI, A. The effect of aquatic and land plyometric training on strength, sprint, and balance in young basketball players, *Journal of Human Sport and Exercise*, 6, 101-111. 2011
4. ARAZI, H., COETZEE, B. & ASADI, A. Comparative effect of land and aquatic based plyometric training on jumping ability and agility of young basketball players. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and recreation*, 34, 1-14. 2012

5. ARAZI, H., MOHAMMADI, M. & ASADI, A. Muscular adaptations to depth jump plyometric training: Comparison of sand vs. land surface. *Interv. Med. Appl. Sci.* 6(3): 125-30. 2014
6. ASADI, A. Effects of in-season short term plyometric training on jumping and agility performance of basketball players, *Sport Science for Health*, Vol. 9, 133-137. 2013
7. ASADI, A. & ARAZI, H. Effects of high-intensity plyometric training on dynamic balance, agility, vertical jump and sprint performance in young male basketball players. *Journal of Sport and Health Research*, 4, 34-44. 2012
8. ASADI, A., SÁEZ DE VILLARREAL, E. & ARAZI, H. The effects of plyometric type neuromuscular training on postural control performance of male team basketball players. *J. Strength Cond Res.* 29(7): 1870-5. 2015
9. BAGO, P., SAEZ DE VILLARREAL, E. Effects of a multistage shuttle run 15 meters test on heart rate, lactate and rating of perceived exertion in beach handball players. *18th annual Congress of the European College of Sports Science*. 2013.
10. BARRETT, R.S.; NEAL, R.J. & ROBERTS, L.J. The dynamic loading response of surfaces encountered in beach running. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 1:1-11. 1997
11. BINNIE, M.J., DAWSON, B., ARNOT, M. A., PINNINGTON, H., LANDERS, G. & PEELING, P. Effect of sand versus grass training surfaces during an 8-weeks pre-season conditioning programme in team sport athletes. *J Sports Sci.* 31:11, 1001-1012. 2014
12. BINNIE, M.J., DAWSON, B., PINNINGTON, H., LANDERS, G. & PEELING, P. Effect of training surface on acute physiological responses after sport-specific training. *J. Strength Cond Res.* 27(4): 1047-56. 2013
13. BINNIE, M.J., DAWSON, B., PINNINGTON, H., LANDERS, G. & PEELING, P. Part 2: Effect of training surface on acute physiological responses after sport-specific training. *J. Strength Cond Res.* 27(4): 1057-66. 2013
14. BISHOP, D. A. comparison between land and sand based tests for beach volleyball assessment. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 43, 418-423. 2003
15. BORG, G; HASSMEN, P. & LAGERSTROM, M. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur. J. Appl Physiol*, 56 (6), 679-685, 1987.

16. BRUGHELLI, M., CRONIN, J., LEVIN, G. & CHAOUACHI, A. Understanding change of direction ability in sport: a review of resistance training studies. *Sports Medicine*. 38(12): 1045-63. 2008
17. CHATZINIKOLAOU, A., FATOUROS, I.G., GOURGOULIS, V., AVLONITI, A., JAMURTAS, A.Z & NIKOLAIDIS, M.G. Time course of changes in performance and inflammatory responses after acute plyometric exercise. *J. Strength Cond Res*, 24, 1389-1398. 2010
18. CHELLY, MS., HERMASSI, S., AOUEDEI, R., KHALIFA, R., VAN DEN TILLAAR, R., CHAMARI, K., & SHEPHARD, R.J. Match analysis of elite adolescent team handball players. *J Strength Cond Res* 25: 2410-2417, 2011.
19. FATOUROS, I.G., JAMURTAS, A.Z., TAXILDARIS, K., LEONTSINI, D., MORINOS, S., KOSTOPOULOS, N., & BUCKENMEYER, P.J. Evaluation of plyometric exercise training, weight training and their combination on vertical jump performance and leg strength. *J. Strength Cond Res*, 14, 470-476. 2000.
20. FERICHE, B; CHIROSA, L.J. & CHIROSA, I. Validez del uso de la RPE en el control de la intensidad de entrenamiento en BM. *Archivos de Medicina del Deporte*. 91, 377-383. 2002
21. FLECK, S., SMITH, S., CRAIB, M., DENAHAN, T., SNOW, R. & MITCHELL, M.L. Upper extremity isokinetic torque and throwing velocity in team handball. *J Strength Cond Res*. 6 (2), 66-124. 1992
22. FOSTER, C., FLORHAUG, J.A., FRANKLIN, J., GOTTSCHALL, L., HROVATIN, L.A., PARKER, S., DOLESHAL, P. & DODGE, C.A. New approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res* 15(1), 109-115. 2001.
23. GEHRI, D.J., RICARD, M.D., KLEINER, D.M., & KIRKENDALL, D.T. A comparison of plyometric training techniques for improving vertical jump ability and energy production. *J. Strength Cond Res*, 12, 85-89. 1998
24. GIATSI, G., KOLLIAS, I., PANOUTSAKOPOULOS, V., & PAPAIAKOVOU, G. Biomechanical differences in elite beach volleyball players in vertical squat jump on rigid and sand surface. *Sports Biomechanics*, 3, 145-158. 2004
25. GOROSTIAGA, E. M., IBÁÑEZ, J., RUESTA, M.T., GRANADOS, C. & IZQUIERDO, M. Differences in physical fitness and throwing velocity between elite and amateur handball players. *E-BM: Revista de CC. del Deporte*. 5(2). 57-64. 2009

26. GOROSTIAGA, E.M., GRANADOS, C., IBAÑEZ, J., GONZÁLEZ-BADILLO, J.J. & IZQUIERDO M. Effects of an entire season on physical fitness changes in elite male handball players. *Med Sci Sports Exerc* 38: 357-366. 2006.
27. GUTIÉRREZ-DÁVILA, M., ORTEGA, M., PÁRRAGA, J., CAMPOS, J. & ROJAS, F.J. Variability of the temporary sequence of the kinetic chain of the handball throw. *Int. Rev. Med. And Sports S.* 11 (43). 2011
28. HERMASSI, S., CHELLY, M.S., FATHLOUN, M. & SHEPHARD, R.J. The effect of heavy- vs. moderate-load training on the development of strength, power, and throwing ball velocity in male handball players. *J Strength Cond Res* 24: 2408-2418. 2010.
29. HERMASSI, S., CHELLY, M.S., TABKA, Z., SHEPHARD, R.J. & CHAMARI K. Effects of 8-week inseason upper and lower limb heavy resistance training on the peak power, throwing velocity and sprint performance of elite male handball players. *J Strength Cond Res* 25: 2424-2433. 2011.
30. HERRERO, J.A, IZQUIERDO, M., MAFFIULETTI, N.A. & GARCÍA-LÓPEZ, J. Electromy stimulation and plyometric training effects on jumping and sprint time. *Int J Sports Med* 27: 533- 539. 2006.
31. IMPELLIZZERI, F.M., RAMPININI, E., CASTAGNA, C., MARTINO, F., FIORINI, S., & WISLOFF, U. Effect of plyometric training on sand versus grass on muscle soreness and jumping and sprinting ability in soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 42, 42-46. 2008
32. IZQUIERDO, M. (Dir.) Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte. *Editorial Médica Panamericana*. Madrid. 2008
33. LARA, D: La frecuencia cardíaca durante la competición de BMP femenino. *Apunts Med Esport*. 46 (171):131-136. 2011.
34. LEMMINK, K.A., VERHEIJEN, R. & VISSCHER, C. The discriminate power of the Interval Shuttle Run Test and Maximal Multistage Shuttle Run Test for playing level of soccer *J. Sports Med. Phys. Fitness*. 44(3): 233-9. 2004
35. LEUJENE, T.M, WILLEMS, P.A. & HEGLUND, N.C. Mechanics and energetic of human locomotion on sand. *J. of Exp. Biology*, 201, 2071-2080. 1998.
36. LÒPEZ, P., PORTA, J. & COS, F. El entrenamiento de la fuerza en los deportes de equipo. *Apunts: Educación Física y Deporte*. 43: 55-62. 1996
37. MARKOVIC, G. & MIKULIC, P. Neuromusculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Medicine*, 40, 859-895. 2010

38. MARKOVIC, G. Does plyometric training improve vertical jump performance? A meta-analytical review. *British Journal of Sports Medicine*, 41, 349-355. 2007
39. MARKOVIC, G., JUKIC, I., MILANOVIC, D., & METIKOS, D. Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *J. Strength Cond Res*, 21, 543-549. 2007
40. MARQUES, M.C., VAN DEN TILLAAR, R., VESCOVI, J. & GONZALEZ-BADILLO, J.J. Relationship between throwing velocity, muscle power and bar velocity during bench press in elite handball players. *Int. J. Sports Phy. Performance*, 2, 414-422. 2007
41. MARTEL, G.F., HARMER, M.L., LOGAN, J.M. & PARKER, C.B. Aquatic plyometric training increases vertical jump in female volleyball players. *Med. Sci. Sports Exerc.* 37(10): 1814-9. 2005
42. MILLER, M.G., HERNIMAN, T.J., RICARD, M.D., CHEATHAM, C.C., & MICHAEL, T.J. The effects of a 6-week plyometric training program on agility. *Journal of Sport Science and Medicine*, 5, 459-465. 2006
43. MIYAMA, M., & NOSAKA, K. Influence of surface on muscle damage and soreness induced by consecutive drop jumps. *J. Strength Cond Res*, 18, 206-211. 2004
44. MORI, I. & MÉNDEZ, D. Valoración y evolución de la condición físico motriz en la etapa primaria a partir de un test de agilidad. *Tándem: Didáctica de la Edu Fís.* VI(22), 2006.
45. PINNINGTON, H.C. & DAWSON, B. Running economy of elite surf iron men and male runners, on soft dry beach sand and grass. *Eur. J. Appl Physiol.* 86(1): 62-70. 2001
46. PINNINGTON, H.C. & DAWSON, B. The energy cost of running on grass compared to soft dry beach sand. *J. Sci Med Sport.* 4(4): 416-30. 2001
47. RAJKUMAR, S. & DEVARISHI, K. C. Effect of sand training on jumping abilities of junior volleyball players. *J. Edu. and Practice.* 4, 9. 2013
48. RIMMER, E., & SLEVERET, G. Effects of a plyometric intervention program on sprint performance. *J. Strength Cond Res*, 14, 295-301. 2000
49. ROBINSON, L.E., DÉCOR, S.T., MERRICK, M.A., & BUCKWORTH, J. The effects of land vs. aquatic plyometrics on power, torque, velocity, and muscle soreness in women. *J. Strength Cond Res*, 18, 84-91. 2004

50. SAEZ DE VILLARREAL, E., GONZALEZ-BADILLO, J.J., & IZQUIERDO, M. Low and moderate plyometric training frequency produce greater jumping and sprinting gains compared with high frequency. *J. Strength Cond Res*, 22, 715-725. 2008
51. SAEZ DE VILLARREAL, E., GONZALEZ-BADILLO, J.J., IZQUIERDO, M. Optimal warm-up stimuli activation to enhance short and long-term acute jumping performance. *Eur. J. Appl Physiol*. 100(4): 393-401. 2007
52. SAEZ DE VILLARREAL, E., KELLS, E., KRAEMER, W.J., & IZQUIERDO, M. Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: A meta-analysis. *J. Strength Cond Res*, 23, 495-506. 2009
53. SAEZ DE VILLARREAL, E., REQUENA, B., & CRONIN, J.B. The effects of plyometric training on sprint performance. A meta-analysis. *J. Strength Cond Res*, 26, 575-584. 2012
54. SAEZ DE VILLARREAL, E., REQUENA, B., & NEWTON, R.U. Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, 513-522. 2012
55. SAEZ DE VILLARREAL, E., REQUENA, B., IZQUIERDO, M. & GONZÁLEZ – BADILLO, J.J. Enhancing sprint and strength performance: combined maximal power, traditional heavy-resistance and plyometric training. *J. Sci Med Sport*, 16(2) 146-50. 2013
56. SAEZ DE VILLARREAL, E., REQUENA, B., IZQUIERDO, M. & GONZALEZ-BADILLO, J.J. Enhancing sprint and strength performance: combined versus maximal power, traditional heavy-resistance and plyometric training. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 16(2): 146-50. 2013
57. SAEZ DE VILLARREAL, E., SUAREZ-ARRONES, L., REQUENA, B., HAFF, G.G. & FERRETE, C. Effects of plyometric and sprint training on physical and technical skill performance in adolescent soccer players. *J. Strength Cond Res*, 29 (7): 1894-903. 2015
58. SAUNDERS, P.U., TELFORD, R.D., PYNE, D.B., PELTOLA, E.M., CUNNINGHAM, R.B., GORE, C.J. & HAWLEY, J.A. Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners. *J. Strength Cond Res*. 20(4): 947-54. 2006
59. SHEPPARD, J.M. & YOUNG, W.B. Agility literature review: classifications, training and testing. *J Sports Sci* 24: 919-932. 2006.

60. SIBILA, M., VULETA, D. & PORI P. Position- related differences in volumes and intensity of large-scale cyclic movements of male players in handball. *Kinesiology* 36: 58-68. 2004.
61. TOMKINSON, G.R., LEGER, L., OLDS, T. & CAZORLA, G. Secular trends in the performance of children and adolescents (1980-2000). *Sports Med.* 33(4): 285-300. 2003
62. VAN DEN TILLAAR, R. & ETTEMA, G. A Force-velocity relationship and coordination patterns in overarm throwing. *J. of Sports Sci and Med.* 3, 211-219. 2004.
63. VAN DEN TILLAAR, R. & ETTEMA, G. A three-dimensional analysis of overarm throwing in experienced handball players. *J. Appl. Bio.* 23:12-19. 2007
64. VAN MUIJEN A.J.E., JORIS, H.J.J., KEMPERH, C.G. & VAN INGEN SCHENAU G.J. Throwing practice with different ball weights: Effects on throwing velocity and muscle strength in female handball players. *Sports Train Med Rehabil* 2: 103–113, 1991.
65. VÉLEZ, M. El entrenamiento de fuerza para la mejora del salto. *Apunts* 29 (112): 139-156. 1992
66. YOUNG, W. Sprint bounding and the sprint bound index. *National Strength Conditioning Association Journal*, 14,18-21. 1992
67. YOUNG, W., JAMES, R. & MONTGOMERY, I. Is muscle power related to running speed with changes of direction? *J. Sport Med. Phys. Fitness* 42(3): 233-9. 2002
68. YOUNG, W., MCLEAN, B., & ARDAGNA, J. Relationship between strength qualities and sprinting performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 35, 13-19. 1995

CAPÍTULO 5: Estudio 3. Estudio del efecto comparativo de cinco semanas de entrenamiento pliométrico combinado con sprint en arena seca durante una pretemporada sobre parámetros de rendimiento físico y la velocidad de lanzamiento en jóvenes jugadores de balonmano y balonmano playa (*Comparative effects study of 5 weeks pre-season plyometric and sprint training on sand on technical skill performance in handball and beach handball youth players*)

Estudio 3. Título: Estudio del efecto comparativo de cinco semanas de entrenamiento pliométrico combinado con sprint en arena seca durante una pretemporada sobre parámetros de rendimiento físico y la velocidad de lanzamiento en jóvenes jugadores de balonmano y balonmano playa.

Study 3. Title: Comparative effects study of 5 weeks pre-season plyometric and sprint training on sand on technical skill performance in handball and beach handball youth players.

5.1. Resumen

Objetivo: Determinar la influencia a corto plazo de un entrenamiento de pliometría (PT) combinado con sprint en arena seca de cinco semanas en jugadores de balonmano (BM) durante la pretemporada (PRET). **Diseño:** 33 jugadores de BM de categoría cadete y juvenil fueron aleatoriamente seleccionados en dos grupos de entrenamiento: El grupo experimental (GE; n=21) realizó un entrenamiento pliométrico (EP) combinado con sprint en arena seca durante 5 semanas de PRET. Todos los jugadores entrenaron 3 veces por semana. Cada sesión de entrenamiento de BM duró 120 minutos. Previo a cada sesión en pista, se realizaron las sesiones de pliometría con sprint que duraron de entre 25 y 40 min. El grupo control (GC; n=12) realizaba 3 entrenamientos convencionales por semana de BM, con una duración de 120 min. **Métodos:** Test de CMJ y Abalakov se realizaron y midieron sobre superficie rígida (pista de juego de BM); velocidad de desplazamiento en 15m y agilidad 10m con 3 cambios de dirección se midieron en superficie rígida y arena seca; la velocidad de lanzamiento (en apoyo sin pasos previos y en apoyo con 3 pasos; en salto con 3 pasos y en salto con un giro de 360°) se midió en superficie rígida y en arena seca; y un test de resistencia en arena seca basado en las características de los test de ida y vuelta (*15m shuttle run test*) se midió igualmente antes y después de las 5 semanas de entrenamiento. **Resultados:** Tras 5 semanas de entrenamiento (15 sesiones) se encontró mejora en la altura de salto en el GE (4.27% en CMJ y 3.25% en Abalakov) más que en el GC (0.79% en CMJ y 1.77% en Abalakov); el GE también mejoró la velocidad de desplazamiento en arena seca y en superficie rígida (-0.23% y -0.25% respectivamente); El GE presenta mejoras en la prueba de agilidad tanto en arena como en superficie rígida (-0.91% y -0.53% de incremento de mejora respectivamente). También mejoró la capacidad de resistencia en

un 4.54%. La carga interna en unidades arbitrarias (UA) aumentó un 10.43% en el GE frente a un 4.08% en el GC. En el GE se registraron mejoras en la velocidad de lanzamiento en arena del 1,04% desde parados; 1,97% con tres pasos en apoyo; 2,31% con tres pasos en salto y 1,4% con *spin-shot*. En la superficie rígida, el GE registró incrementos del 2% desde parados; 3,42% con tres pasos en apoyo; 2,47% con tres pasos en salto y 1,54% con *spin-shot*. Los ANOVA realizados posteriormente mostraron diferencias estadísticamente significativas en diferentes variables estudiadas en el GE [arena: agilidad, lanzamiento desde parado ($p < 0.01$); velocidad 15m, lanzamiento en salto, lanzamiento con giro 360° ($p < 0.05$); superficie rígida: Abalakov, lanzamiento desde parado, lanzamiento salto con 3 pasos, lanzamiento con giro 360° ($p < 0.01$); agilidad ($p < 0.05$)]. El GC presentó diferencias en arena ($p < 0.05$) en el lanzamiento desde parado y con giro de 360°. En superficie rígida presentó diferencias ($p < 0.05$) en Abalakov y lanzamiento en apoyo con 3 pasos. Se aprecia una tendencia muy clara de mejora en el GE con respecto al GC. **Conclusiones:** Existe una tendencia de mejora del GE con respecto al GC en las variables estudiadas y, por tanto y, coincidiendo con estudios anteriormente realizados, podemos decir que la aplicación de este protocolo de pliometría combinado con sprint en arena seca produce una mejora de la potencia de fuerza en el tren inferior que se puede aplicar al balonmano.

Palabras claves: Pliometría, arena seca, balonmano playa, balonmano, pretemporada, potencia, tren inferior

Abstract

Objective: To determine the influence short-term plyometric training (PT) plus sprint on dry sand in handball players (HB) during preseason (PRES) five weeks. **Design:** 33 youth HB players were selected randomly in two training groups: the experimental group (EG, $n = 21$) conducted a plyometric (PT) plus sprint on dry sand for 5 weeks on PRES. All players trained 3 times a week. Each training session of HB lasted 120 minutes. Before each session, subjects performing a plyometric session plus sprint that lasted for 25 to 40 min. depending on the charge corresponding to each session. Control group (CG; $n = 12$) performed 3 conventional 120 min HB workouts per week. **Methods:** CMJ and Abalakov jump test were conducted and measured on firm surface (HB court); 15m-speed test and 10m-agility test with 3 direction changes were measured in firm surface and dry sand; throwing speed test (on floor and on floor with

3 steps; 3 steps plus jump and spin shot) was measured in firm surface and dry sand; and a 15m shuttle run test was also measured before and after 5 training weeks. **Results:** After 5 training weeks (15 sessions) greater improvement increase jump height were found in the EG (4.27% in CMJ and 3.25% in Abalakov) than in the CG (0.79% in CMJ and 1.77% in Abalakov). EG also improved the speed in dry sand and firm surface (-0.23% and -0.25% respectively); not so with the CG. EG achieved improvements in 10m-agility test both dry sand and firm surface (-0.91% and -0.53% improvement respectively). EG improved test time (endurance) at 4.54% while CG did by 0.48%. EG lactate production increase 1.2% while CG decreased by 3.81%. EG internal load in arbitrary units (AU) increased by 10.43% compared to 4.08% in the CG. EG showed improves in the throwing speed test in dry sand (1.04% on floor; 1.97% on floor with 3 steps; 2.31% at 3 steps plus jump and 1.4% at spin shot throw). In the firm surface, the EG showed increases of 2% on floor; 3.42% on floor with three steps; 2.47% on three steps plus jumping and 1.54% on spin-shot. The CG obtained the following results in the in dry sand: 0.18% on floor; 0.34% on floor with three steps; 0.87% on three steps plus jumping; 0.06% on spin-shot. CG firm surface throwing speed test results was: 1.2% on floor; 1.75% on three steps; 1.08% on three steps plus jump; 0.26% on spin-shot. ANOVA analysis showed statistically significant differences in variables studied in the EG [sand: agility, throw on floor ($p < 0.01$); 15m speed, three steps plus jump throw and spin-shot ($p < 0.05$); rigid surface: Abalakov, throw on floor, three steps plus jump throw and spin-shot ($p < 0.01$); agility ($p < 0.05$)]. CG showed differences on sand ($p < 0.05$) at throw on floor and spin-shot. Differences was showed in firm surface ($p < 0.05$) on Abalakov and three steps plus jump throw. An EG clear improvement trend is appreciated compared to GC. **Conclusions:** EG showed an improvement trend respect CG in studied variables and, therefore, coinciding with previous studies, to applied this plyometric plus sprint protocol on dry sand improved power strength on lower body that can be applied in handball.

Key Words: Plyometric, sand, beach handball, handball, pre-season, power, lower body

5.2. Introducción

La literatura nos muestra claramente los efectos positivos del EP en la mejora de la potencia muscular del tren inferior (Rimmer *et al.*, 2000; Markovic *et al.*, 2007; Asadi *et al.*, 2012, 2013; Arazi *et al.*, 2012; Sáez de Villarreal *et al.*, 2007, 2010, 2013). En anteriores estudios (Bago *et al.*, 2012) se demostró la utilidad del EP en arena seca para la mejora de la potencia del tren inferior en el que se incrementó significativamente la potencia de salto, la agilidad, la capacidad de soportar un esfuerzo anaeróbico en arena seca y la velocidad de distintos tipos de lanzamientos específicos de BMP. Por otro lado, encontramos en la literatura numerosos estudios que demuestran el bajo impacto a nivel muscular y articular de lesiones cuando tras la realización de entrenamientos pliométricos en arena seca o en agua con respecto a superficies más rígidas como el parquet o el césped (Miyama *et al.*, 2004; Robinson *et al.*, 2004; Impellizzeri *et al.*, 2008; Binnie *et al.*, 2013, 2014). Por tanto es razonable pensar que, dada la elevada carga de trabajo físico que tradicionalmente se aplica en una pretemporada de BM, cuya duración varía entre 6-7 semanas de trabajo, la realización de EP en arena seca durante este periodo puede ser muy beneficiosa por dos motivos: por un lado se mejora la potencia de salto y consecuentemente, se incrementa el potencial de variables relacionadas (agilidad, velocidad, capacidad de resistencia, velocidad del lanzamiento) y, por otro lado, se reduce el estrés sobre la musculatura y las articulaciones.

5.3. Metodología

5.3.1. Aproximación al problema de estudio

Dado los pocos estudios que sobre el BMP presenta, y en una línea continuista con los trabajos anteriormente desarrollados, este estudio se centró en el efecto que se obtiene al implementar durante 5 semanas de EP combinado con sprint en arena seca las sesiones de entrenamiento convencional de BM durante una pretemporada para un equipo de jóvenes jugadores de un club de BM amateur. Es decir, en el anterior estudio llevado a cabo por Bago *et al.*, (2012), se obtuvieron resultados que demostraron la mejora de la potencia de fuerza del tren inferior que resultaba en un incremento en la capacidad de salto, una mayor capacidad de resistencia en arena seca durante la realización de un *shuttle run test* de 15m diseñado para tal efecto, una mejora de la agilidad y, también,

un incremento de la velocidad en diferente tipos de lanzamientos específicos para BMP. Por tanto, es lógico pensar que la aplicación de un protocolo de 5 semanas de EP combinados con sprint en arena seca durante la pretemporada de un equipo de BM va a mejorar estas mismas variables de entrenamiento en una superficie rígida (goma) convencional de BM (altura de salto y potencia del tren inferior, velocidad de desplazamiento con cambio de dirección, capacidad de resistencia y velocidad de lanzamiento) con la ventaja añadida de un menor impacto músculo-esquelético que produce el entrenamiento en arena seca según queda demostrado en los estudios que así lo certifican (Miyama *et al.*, 2004; Robinson *et al.*, 2004; Impellizzeri *et al.*, 2008; Binnie *et al.*, 2013, 2014).

El programa de 15 sesiones fue incluido en las sesiones normalizadas de entrenamiento durante una pretemporada y se caracteriza principalmente por el corto plazo de tiempo (bajo volumen) y sesiones de intensidad media (entrenamiento de medio impacto). Al igual que en estudios anteriores y con el fin de determinar los efectos del EP, se seleccionaron las siguientes pruebas: (a) velocidad máxima en 15 m (medido en segundos – seg -); (b) prueba de agilidad de 10m con tres cambios de dirección (medido en seg.); (c) salto vertical: salto con contra-movimiento (CMJ) y Abalakov (medidos en cm); (d) test de resistencia basado en el concepto de *shuttle run test*, en la que se registró el tiempo de duración en la prueba, el lactato sanguíneo (mmol/L), la frecuencia cardíaca (FC, registrada en ppm) y la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) o escala de Borg de 10 grados; y (e) velocidad de lanzamiento específico de BM (se realizaron cuatro tipos de lanzamientos: desde parados, lanzamiento con 3 pasos en apoyo, lanzamiento con 3 pasos en salto y lanzamiento en salto con un giro de 360° en el aire previo a la ejecución). Todos los lanzamientos se registraron en km/h. Las pruebas de altura de salto (CMJ y Abalakov) se realizaron en una superficie rígida (suelo de goma); el *15m shuttle run test* se realizó en una pista de BMP al aire libre. Todas las demás pruebas se realizaron en ambas superficies. Todas las pruebas fueron realizadas y registradas antes y después del período de entrenamiento de 5 semanas. Las pruebas iniciales se realizaron en 2 días (lunes y miércoles), como parte de un programa de pruebas regulares. Después de las mediciones iniciales, los sujetos fueron asignados aleatoriamente a dos grupos: grupo control (GC, n=12), que sólo realizó los entrenamientos sistemáticos de BM convencional; y grupo experimental (GE, n=21), que realizó el programa de EP + sprint y las sesiones de entrenamiento convencionales posteriores. Todas las sesiones de entrenamiento fueron supervisadas.

El EP se realizó 3 días a la semana (M-X-V). Los sujetos realizaban el entrenamiento propuesto antes de las sesiones de entrenamiento en la pista de BM. El entrenamiento de BM consistió en la realización de ejercicios de moderada y elevada intensidad voluntaria usando el propio peso corporal durante la realización de ejercicios técnicos y tácticos de complejidad variada. El EP más el sprint se realizó durante 5 semanas para un total de 15 sesiones (desde mediados de agosto a finales de septiembre de 2014). La duración de cada sesión varió en función de la carga de entrenamiento, siendo de unos 20' inicialmente y hasta unos 40' en la semana final y se compuso de: 10' de calentamiento estándar (5 minutos de carrera a 6 km/h y ejercicios variados de desplazamiento, 4' de ejercicios de estiramientos y 2 ejercicios de saltos a submáxima intensidad); posteriormente se realizó el trabajo de PT más los sprint correspondientes y se finalizó con 5' de ejercicios de estiramientos. Los ejercicios de PT consistieron en squat jump (SJ), skipping, saltos a dos piernas, saltos con flexión profunda y saltos alternativos con una pierna. Al finalizar cada serie en cada ejercicio se realizó un sprint de 15 m. El tiempo de recuperación entre cada una de las series era de 1 minuto. Todas las sesiones de entrenamiento fueron totalmente controladas y supervisadas por los entrenadores que previamente habían sido instruidos en la correcta ejecución de cada uno de los ejercicios. De igual manera, los sujetos fueron cuidadosamente instruidos antes del entrenamiento y recibieron información práctica además de realizar ensayos de familiarización en cada uno de los ejercicios. Se informó a los sujetos para que evitaran cualquier tipo de actividad intensa fuera de la programación de los entrenamientos durante el experimento. Además, se les alentó para que siguieran de manera normalizada sus hábitos de hidratación, alimentación y descanso mientras durase el estudio. El programa de entrenamiento seguido por los sujetos se resume en la tabla 17.

5.3.2. Sujetos

Este estudio incluyó como participantes a un grupo de 33 jugadores BM y BMP, todos ellos jugadores del Club BM Utrera, Sevilla, España, con edades comprendidas entre 14 y 18 años (pubertad) (Tabla 16). Ninguno de los sujetos realizó entrenamientos regulares de fuerza y potencia o practicó deportes competitivos que implicara algún tipo de ejercicios de fuerza o esfuerzo durante el tratamiento pliométrico. Los criterios de exclusión incluyeron sujetos con problemas médicos potenciales o antecedentes de patologías en tobillo y rodilla en los 3 meses anteriores al estudio o sujetos con problemas médicos u ortopédicos que comprometieran su participación en este estudio,

así como cualquier tipo de cirugía reconstructiva en las extremidades inferiores en los últimos 2 años o trastornos musculoesqueléticos sin resolver.

Todos los sujetos fueron cuidadosamente informados acerca de los procedimientos de experimentación y sobre el riesgo potencial y los beneficios asociados con la participación en el estudio y firmaron un documento de consentimiento informado antes de cualquiera de las pruebas que se llevaron a cabo. El estudio se realizó de conformidad con la Declaración de Helsinki II y que fue aprobado por el comité de ética del departamento responsable. Este estudio se llevó a cabo entre agosto y septiembre de 2014.

Tabla 16: Datos de los sujetos experimentales de cada uno de los grupos, años jugando a BMP, torneos y partidos jugados en el año anterior.

	<i>Edad</i>	<i>Altura</i>	<i>Peso</i>	<i>Años BMP</i>	<i>Torneos 2011</i>	<i>Partidos 2011</i>
GE Sujetos n=21	16.2±1.94	178.9±6.07	76.4±8.73	2.6±1.02	7.2±1.17	46.5±15.35
GC Sujetos n=12	16.9±2.1	180.05±3.15	79.16±3.6	2.8±1.23	6.75±1.3	37.9±18.31

5.3.3. Test y Mediciones

Previamente a la realización de las pruebas, los jugadores fueron instruidos con los procedimientos de las mismas para la generación de fuerza y potencia mediante activaciones sub-máximas antes de las mediciones. Todas las pruebas para determinar el salto vertical, sprint, agilidad, resistencia y velocidad de lanzamientos se llevaron a cabo antes del inicio (pre-test) y al finalizar las 5 semanas de entrenamiento (post-test).

Las pruebas se realizaron en 2 días. El día 1, se realizaron las siguientes: medición de la talla, peso corporal, test de salto vertical (cm), y el test progresivo de carrera en ida y vuelta de 15m en ida (*15m shuttle run test*) (min). El día 2, el test de velocidad de 15 m (seg), la prueba de agilidad 10 m (seg) y las pruebas de velocidad de lanzamiento (km/h). Antes de las pruebas y después de completar las mediciones antropométricas de los sujetos se realizó un calentamiento estandarizado que se realizó en cada una de las superficies en las que se llevó a cabo las mediciones. Este calentamiento consistió en 3 minutos de carrera a ritmo suave seguido por un ligero estiramiento. A continuación, los sujetos realizaron 7 minutos de calentamiento específico para BM (cambios de direcciones, sprint, saltos, pases variados por parejas de balón y lanzamientos a media intensidad) para finalizar con 3 minutos de estiramientos dinámicos. Además, se

permitió un descanso suficiente entre todas las pruebas con el fin de limitar los efectos de la fatiga en las pruebas posteriores.

Salto vertical: Se registró el salto vertical a través de los test de contramovimiento (CMJ) (figura 20) y Abalakov con el fin de maximizar la actividad del ciclo estiramiento-acortamiento y evaluar la fuerza explosiva de los músculos de las extremidades inferiores. Los test se realizaron en una superficie rígida utilizando una plataforma de contacto (Ergo Jump Plus Bosco System®, Muscle Lab. V7. 18, Langesund, Norway). En la realización del CMJ los sujetos fueron instruidos en la posición de las manos en la cadera sin que se separasen en ningún momento. El CMJ es un salto que consiste en la realización de un movimiento de flexión y extensión de las rodillas hasta un ángulo de 90° desde la posición de bipedestación y con un movimiento rápido tratar de alcanzar la máxima altura posible. Determina, fundamentalmente, la fuerza explosiva con la utilización de la energía elástica que se acumula (Vélez, 1992). Y el Abalakov, que es un test de salto en el que permite la utilización de las manos y los brazos de manera libre mientras se realiza la ejecución del movimiento hacia abajo (flexión de rodillas) seguido de un salto vertical de máxima intensidad. Se instruyó a todos los sujetos para realizar el aterrizaje dentro de la plataforma, en posición vertical y con las rodillas ligeramente flexionadas. La media aritmética de 5 intentos de cada uno de los saltos fue utilizada en el posterior análisis estadístico. EL CCI fue 0.98 para el CMJ y 0.99 para el Abalakov.

Test de velocidad en 15m. en arena seca y en superficie rígida: La velocidad en 15m se registró en dos distancias: 0-7.5 m. y 0-15 m. El test de velocidad de 15m se llevó a cabo en una pista exterior de BMP (en arena seca) y en una pista cubierta de goma sintética homologada de BM. En todos los test, los sujetos realizaron una salida estandarizada “*crouch start*”. Se situaron células fotoeléctricas de infrarrojos (Muscle Lab. V7.18. Ergotest Technology. Langesund, Norway). Los sujetos realizaron dos pruebas de calentamiento a menor intensidad después de un calentamiento exhaustivo para que se familiarizaran con el dispositivo de control de la velocidad. Posteriormente realizaron dos repeticiones para el sprint (figura 21).



Figura 20: Test de salto vertical, concretamente prueba de CMJ de uno de los sujetos experimentales.



Figura 21: Test de velocidad de 15m en arena seca.

Para el análisis estadístico posterior se utilizó la mejor de las marcas registradas. Entre cada uno de las repeticiones tenían 3 minutos de descanso. El CCI fue de 0.81 en arena seca y de 0.82 en superficie rígida.

Test de agilidad de 10m. en arena seca y en superficie rígida: El test de agilidad consistió en 3 cambios de dirección de 60° sobre una distancia total de 10m (Meylan ., 2009). Se realizaron 2 repeticiones en cada superficie similares a las realizadas anteriormente en la prueba de sprint de 15m. El sistema de salida y finalización de cada prueba era similar al utilizado en el test de velocidad. Picas de 1m de altas fueron situadas indicando los puntos donde había que realizar el cambio de dirección (Figura 15). No se permitió tocar las picas ni en los sprint ni en los cambios de dirección. Este test se seleccionó porque para su realización requería fases de aceleraciones, desaceleraciones y control del equilibrio (Sheppard, 2006). Su simplicidad relativa minimiza el papel de los efectos de aprendizaje. Se completaron dos ensayos para cada tipo de prueba y la mejor de ellas se utilizó para el posterior análisis estadístico. Los sujetos disponían de tres minutos de descanso entre cada intento. El (CCI) fue de 0.93 para la prueba en arena y 0.90 para la prueba en superficie rígida.



Figura 22: Test de agilidad sobre 10m en arena seca con tres cambios de dirección.

Test de velocidad de lanzamiento. Registramos la producción de fuerza balística (energía elástica) durante un lanzamiento de BMP y un lanzamiento de BM en superficie rígida. Para los lanzamientos, los sujetos fueron instruidos para usar su técnica para lanzar una pelota BMP tan rápido como sea posible a través de un objetivo estándar. Se llevaron a cabo pruebas de velocidad de lanzamiento después de 10 minutos de calentamiento estandarizado y utilizando un balón estándar y oficial de BMP (mod. Rasán nº 2, presión 100lbs, masa 360 g y diámetro de 17,5 cm). Para un

mayor control de las variables los lanzamientos se realizaron siempre con el mismo modelo de balón, tanto en superficie de arena como en superficie rígida.

Para simular una acción típica de lanzamiento en BMP y BM, se permitió a los jugadores preparar el lanzamiento y se les instruyó para lanzar a la máxima velocidad hacia el centro de la portería desde la línea de 6m. Los entrenadores supervisaron esta prueba de cerca para asegurarse de que se siguieron las ejecuciones correctamente.

Se realizaron cuatro tipos de lanzamiento desde la línea de 6m: de pie y desde parado (0 pasos), en apoyo con tres pasos, en salto con tres pasos y, por último, en salto con giro de 360° (*spin-shoot*, específico en la modalidad de BMP pero que también se realizó en pista de BM para comparar los resultados en un mismo tipo de lanzamiento y comprobar si se eran similares a estudios anteriores –Bago *et al.*, (2012)-. Estos lanzamientos se realizaron tanto en arena como en una superficie rígida. Los sujetos realizaban 3 lanzamientos seguidos en cada una de las técnicas de lanzamiento y en cada una de las superficies. Disponían de un descanso de entre 5-10 segundos entre cada uno de los lanzamientos. La medición de los lanzamientos se registró utilizando un radar modelo Stalker-Sport-Radar (Texas, USA). El dispositivo de radar fue manejado por un investigador experto en el manejo de este instrumento de medida. El mejor registro de cada tipo de lanzamiento se utilizó para el posterior análisis estadístico. Los CCI para los lanzamientos en arena fueron de 0.99 para lanzamiento desde parado sin pasos (lanzamiento de penalti); 0.97 para el lanzamiento en apoyo con 3 pasos; 0.99 para el lanzamiento en salto con 3 pasos y 0.96 para el lanzamiento tras giro de 360°. Para los lanzamientos realizados en superficie rígida los CCI fueron de 0.99 para lanzamiento desde parado sin pasos (lanzamiento de penalti); 0.99 para el lanzamiento en apoyo con 3 pasos; 0.96 para el lanzamiento en salto con 3 pasos (figura 23) y 0.98 para el lanzamiento tras giro de 360° en salto (figura 24)



Figura 23: Lanzamiento con tres pasos en suspensión en arena seca



Figura 24: Lanzamiento tras giro de 360° (spin shot) en arena seca

15m shuttle run test. Para estudios anteriormente realizados, se diseñó un test de carrera progresiva en ida y vuelta (*shuttle run test*) adaptándolo a las características de la superficie de juego en arena, distancia de recorrido, tiempo e intensidad de la prueba (Bago *et al.*, 2010). Se midieron las variables de FC (ppm), tiempo de prueba (seg), lactato sanguíneo (*mmol/L*) y RPE (escala de Borg de 10 grados). Debido a que el tanto el BM como el BMP son modalidades deportivas que incluyen fases de alta intensidad de manera intermitente, con cambios de dirección de manera continuada, consideramos y numerosos estudios así lo destacan que la vía metabólica anaeróbica láctica es protagonista en los esfuerzos que se realizan, la idea de un test de carrera incremental en

ida-vuelta puede asemejarse a lo descrito en un encuentro de BMP. Este test se utiliza para estimar el VO_2max y la capacidad de esfuerzo intermitente de los sujetos, así como el incremento de la FC y la acumulación de lactato sanguíneo. Los jugadores comenzaron la carrera a una velocidad de 8.28 km/h y, aquel que alcanzase el último estadio de esfuerzo, la finalizaría a 12.05 km/h en intervalos de 15m (ver tabla 6).

El esfuerzo en este test se registró también a través de la escala de Borg de 10 grados (RPE). La RPE de cada sujeto se recogió en intervalos de 1 min. y justo después de la prueba usando la escala de Borg de 10 grados (Borg, 1987). Previamente fueron informados sobre esta escala. Posteriormente, el valor de RPE se multiplicó por la duración total de la prueba (min), de acuerdo con Foster *et al.*, (2001). Este producto representa en un solo número de la magnitud de la carga de entrenamiento interno en unidades arbitrarias (UA). La distancia total recorrida en el test se registró para su posterior análisis. El (CCI) fue de 0.93. El CCI para la RPE fue de 0.36.

Para registrar la FC durante la realización del test a cada uno de los sujetos se le asignó un pulsómetro codificado (Polar S810) que registró la información de FC máxima, FC media y permitió el cálculo intensidades de ejercicio. El CCI para la FC fue de 0.83.

En este test se recogió el lactato basal de los sujetos y el lactato una vez finalizada la prueba y tras 3 minutos de recuperación. Se instruyó a los sujetos para que no realizaran ningún tipo de actividad antes de la prueba. Tras 20 minutos de reposo se realizó una primera extracción de una muestra de sangre con la que se obtuvo el lactato basal con un analizador Lactate Scout (SensLab GmbH, Leipzig, Alemania). Seguidamente, los sujetos realizaron un calentamiento estandarizado de 3 minutos de carrera continua suave y 5 minutos de estiramientos tras lo cual realizaron el test de resistencia. Finalizada la prueba y pasados 3 minutos del tiempo de recuperación, se volvió a tomar una muestra de sangre para obtener el lactato posterior al ejercicio. El CCI para el lactato tras 3 minutos de recuperación fue de 0.85.

5.3.4. Métodos de entrenamiento

El entrenamiento de BM se realizó 3 días a la semana (M-J-V). El GE implementaba el entrenamiento de pista con el entrenamiento de PT más sprint propuesto. Al mismo tiempo, el GC realizaba el entrenamiento regular de BM correspondiente. Este entrenamiento consistía en la realización de ejercicios de máxima intensidad voluntaria usando el propio peso corporal

(ejercicios técnicos-tácticos). El EP más sprint se realizó durante 5 semanas (desde mediados de agosto a finales de septiembre) antes del comienzo de los entrenamientos técnico-tácticos en una pista de arena seca de BMP. La duración de cada sesión variaba en función de la carga de entrenamiento, siendo de unos 20' inicialmente y hasta unos 40' en la semana final y se componía de: 10' de calentamiento estándar (5 minutos de carrera a 6 km/h y ejercicios variados de desplazamiento, 4' de ejercicios de estiramientos y 2 ejercicios de saltos a sub-máxima intensidad; posteriormente se realizaba el trabajo de PT más sprint correspondiente y se finalizaba con 5' de ejercicios de estiramientos. Los ejercicios de PT consistían en SJ, skipping, saltos a dos piernas, saltos con flexión profunda, saltos laterales a dos piernas y saltos alternativos con una pierna. Al finalizar cada serie en cada ejercicio se realizaba un sprint de 15 m. El tiempo de recuperación entre cada una de las series era de 1 minuto. Ningún sprint, técnica concreta o EP fue realizado por el GC. Este grupo llevó a cabo solo los mismos test iniciales y finales que el GE. Todas las sesiones de entrenamiento fueron totalmente controladas y supervisadas por especialistas en entrenamiento de fuerza para asegurar que los ejercicios se realizaban con la técnica adecuada. Los sujetos fueron cuidadosamente instruidos antes del entrenamiento y recibieron información práctica además de realizar ensayos de familiarización en cada uno de los ejercicios. Los entrenamientos pliométricos se realizaban antes de la sesión de BM. Se informó a los sujetos para que evitaran cualquier tipo de actividad intensa fuera de la programación de los entrenamientos durante el experimento. Además, se les alentó para que siguieran de manera normalizada sus hábitos de hidratación, alimentación y descanso mientras durase el estudio. El programa de entrenamiento seguido por el GE se resume en la tabla 17:

Tabla 17: Programa de y distribución de las cargas de entrenamiento pliométrico.

Semana	1	2	3	4	5
Sesión/Ejercicios	S1-S2-S3	S4-S5-S6	S7-S8-S9	S10-S11-S12	S13-S14-S15
Squat Jump + 15 m sprint	3x8	3x12	3x15	4x10	4x12
Skipping + 15 m sprint	3x8	3x12	3x15	4x10	4x12
Salto dos piernas (40-60 cm) + 15 m sprint	3x 8 Max	3x 10 Max	3x 12 Max	3x 10 Max	4x 8 Max
15m saltos dos piernas + 15 m sprint	3x10	3x10	3x12	3x12	4x10
Salto laterales (2 m) + 15 m sprint	3x10	3x10	4x10	4x10	3x15
Salto alternativos 1 pierna + 15 m sprint	3x10	3x12	3x12	3x10	3x12

5.4. Análisis estadístico

Se calcularon las estadísticas descriptivas (media \pm DE) para las diferentes variables. El coeficiente de correlación intraclase (CCI) se utilizó para determinar la fiabilidad de las

mediciones. Los efectos relacionados con la capacitación y las diferencias entre los grupos se evaluaron mediante un diseño factorial mixto de análisis de la varianza con el contraste de la F de Snedecor. Los tamaños del efecto (ESS) también se calcularon utilizando la d de Cohen. La significación estadística fue aceptada a un nivel α de $p \leq 0.05$.

5.5. Resultados

Al inicio del estudio, no se observaron diferencias significativas entre los grupos en ninguno de las medidas antropométricas, en los saltos, lanzamientos o las variables de velocidad medidas. Después de 5 semanas de entrenamiento, no se observaron cambios significativos en ninguna de las características físicas de los sujetos analizadas.

Test de salto vertical

No se produjeron aumentos estadísticamente significativos ($p > 0.05$) en el grupo experimental en CMJ (1.49 cm, 4.27%, ES = 0.32) y sí en el Abalakov (1.34 cm, 3.25%, ES = 0.27) ($p < 0.005$). Se observaron diferencias importantes en la magnitud del aumento de entre el GE y GC en CMJ. En el GC no hubo diferencias estadísticamente significativas ni en CMJ ni en Abalakov ($p > 0.05$) en el post test (tabla 18).

Test de velocidad en arena seca

Durante las 5 semanas de entrenamiento no se observaron ni en el GE ni en el GC disminuciones estadísticamente significativas ($p > 0.05$) en el tiempo de la velocidad en 15m: GE (-0.01 seg, -0.23%, ES = -0.05); GC (0.02 seg, 0.84 %, ES = 0.21). El GE disminuyó ligeramente el tiempo de prueba en relación al GC que lo incrementó (tabla 18).

Test de velocidad en superficie rígida

Durante las 5 semanas de entrenamiento se observó en el GE una disminución estadísticamente significativas ($p < 0.01$) en el tiempo de la velocidad en 15m (-0.01 seg, -0.25%, ES=-0.07). El GC incrementó el tiempo de prueba (0.01 seg, 0.55 %, ES = 0.13) ($p > 0.05$) (tabla 18).

Test de agilidad en arena seca

Se produjeron disminuciones estadísticamente significativas ($p \leq 0.001$) en el GE en la prueba de agilidad (-0.4 seg, -0.91%, ES = -0.18). El GC incrementó el tiempo de prueba en el post test (0.2 seg, 0.44%, ES = 0.1) ($p > 0.05$). Después del entrenamiento, se observaron diferencias significativas en la magnitud del aumento de entre el GE y el CG en la prueba de agilidad ($p < 0.0001$) y con la activación ($p < 0.0001$) (tabla 18).

Test de agilidad en superficie rígida

No se produjeron disminuciones estadísticamente significativas ($p > 0.05$) en el GE en la prueba de agilidad (-0.02 seg, -0.53%, ES = -0.06) con respecto al GC (0.01 seg, 0.35%, ES = 0.04). El GE disminuyó el tiempo de realización de la prueba y no así el GC. Después del entrenamiento, se observaron diferencias significativas en la magnitud del aumento de entre el GE y el CG ($p < 0.0001$) y con la activación ($p < 0.0001$) (tabla 18).

15m shuttle run test

El GE aumentó el tiempo de realización de la prueba incrementando así la capacidad de resistencia en la misma, siendo el resultado estadísticamente significativo (18.37 seg, 4.54%, ES=0.21) ($p < 0.05$). El GC incrementó de manera no significativa el tiempo de resistencia en la prueba (2.1 seg, 0.48%, ES=0.02) ($p > 0.05$). Ni en el GE ni en el GC tuvieron lugar cambios estadísticamente significativos ($p > 0.05$) en la producción de lactato tras 3 min. de recuperación tras la prueba (GE: 0.15 mmol/L, 1.2%, ES = 0.04; GC: -0.5 mmol/L, -3.81%, ES=-0.13). En la carga de entrenamiento interno (UA) tampoco hubo cambios estadísticamente significativos ($p > 0.05$) ni en el GE (6.58 AU, 10.43%, ES = 0.38) ni en el GC (2.74 AU, 4.08%, ES=0.17). Se observaron diferencias significativas después del entrenamiento en la magnitud del aumento de entre el GE y CG en el tiempo total ($p < 0.004$), la producción de lactato ($p < 0.04$) y la carga de entrenamiento interno ($p < 0.0001$) (tabla 4). El GC no presentó diferencias estadísticamente significativas en la realización de la prueba entre el pre y el post test.

Test de velocidad de lanzamiento en arena seca

En el GE se observaron aumentos estadísticamente significativos en la velocidad de lanzamiento desde parados (0.72 km / h, 1.04%, ES = 0.09; $p < 0.001$) y con tres pasos en apoyo (1.43 km / h, 1.97%, ES = 0.21; $p < 0.005$); se observaron resultados

estadísticamente no significativos ($p>0.05$) en el lanzamiento con 3 pasos en salto (1.64 km / h, 2.31%, ES = 0.24) y en el lanzamiento con giro de 360° (0.98 km / h, 1.4%, ES = 0.15, $p>0.05$). El GC obtuvo mejoras estadísticamente significativas en el lanzamiento desde parados (0.13 km / h, 0.18%, ES = 0.02; $p<0.01$) y en el lanzamiento con tres pasos en salto (0.64 km / h, 0.87%, ES = 0.09; $p\leq 0.05$) (tabla 18).

Test de velocidad de lanzamiento en superficie rígida

Al diferencia que en la arena seca, en el GE se observaron aumentos estadísticamente significativos en todos los tipos de lanzamientos realizados: lanzamiento desde parados (1.38 km / h, 2.00%, ES = 0.16, $p\leq 0.005$); con 3 pasos en apoyo (2.5 km / h, el 3.42%, ES = 0.32, $p<0.05$), con 3 pasos en salto (2.78 km / h, 2.47%, ES = 0.25, $p\leq 0.001$) y con giro de 360° (1 km / h, 1.54%, ES = 0.13, $p\leq 0.001$), respectivamente. Igualmente, se observaron diferencias significativas en la magnitud del aumento de entre en el CG en la velocidad de lanzamiento de lanzamiento con 3 pasos en apoyo (1.29 km/h, 1.75%, ES= 0.17, $p <0.05$) y lanzamiento con 3 pasos en salto (0.79 km/h, 1.08%, ES= 0.11, $p<0.01$) (tabla 18).

Tabla 18: Resultados obtenidos en los test realizados en arena seca por el GE y el GC en las diferentes variables estudiadas

	ARENA									
	GE (n=21)					GC (n=12)				
	PRE	POST	% CAMBIO	ES	sig.	PRE	POST	% CAMBIO	ES	sig.
15m sprint	2.47±0.12	2.46±0.09	-0.23	-0.05	$p>0.05$	2.47±0.1	2.49±0.08	0.84	0.21	$p>0.05$
10m agilidad	3.77±0.2	3.73±0.21	-0.91	-0.18	$p\leq 0.001$	3.83±0.17	3.85±0.18	0.44	0.10	$p>0.05$
T' resistencia	409.33±87.07	427±70.15	4.54	0.21	$p<0.05$	416.67±82.34	418±77.81	0.48	0.02	$p>0.05$
FC máx	199.14±6.25	198.24±4.35	-0.45	-0.14	$p>0.05$	198.08±5.81	197.5±3.32	-0.29	-0.10	$p>0.05$
Lactato 3' rec	12.66±3.69	12.81±4.62	1.20	0.04	$p>0.05$	13.12±3.85	12.62±4.5	-3.81	-0.13	$p>0.05$
Internal Load (UA)	63.08±17.19	69.66±12.43	10.43	0.38	$p>0.05$	67.04±15.93	69.78±12.97	4.08	0.17	$p>0.05$
RPE	9.14±0.79	9.76±0.54	6.77	0.78	$p>0.05$	9.58±0.51	10±0	4.35	0.81	$p>0.05$
Lanz. Parado	68.76±7.64	69.48±7.72	1.04	0.09	$p\leq 0.001$	69.75±6.63	69.88±7.2	0.18	0.02	$p<0.01$
Lanz. 3 pasos	72.5±6.91	73.93±7.18	1.97	0.21	$p<0.005$	72.96±6.75	73.21±6.87	0.34	0.04	$p>0.05$
Lanz. 3 salto	71.05±6.71	72.69±6.46	2.31	0.24	$p>0.05$	72.13±7.18	72.75±7.25	0.87	0.09	$p\leq 0.05$
Lanz. 360°	66.38±6.18	67.31±5.91	1.40	0.15	$p>0.05$	67.17±5.84	67.21±5.48	0.06	0.01	$p>0.05$

Tabla 19: Resultados obtenidos en los test realizados en una superficie rígida por el GE y el GC en las diferentes variables estudiadas.

	SUPERFICIE RÍGIDA									
	GE (n=21)					GC (n=12)				
	PRE	POST	% CAMBIO	ES	sig.	PRE	POST	% CAMBIO	ES	sig.
CMJ	34.77±4.58	36.26±5.03	4.27	0.32	p>0.05	35.12±2.95	35.4±3	0.79	0.09	p>0.05
Abalakov	41.12±4.91	42.46±5.3	3.25	0.27	p≤0.005	40.17±3.58	40.88±3.86	1.77	0.20	p>0.05
15m sprint	2.46±0.09	2.45±0.11	-0.25	-0.07	p<0.01	2.44±0.11	2.45±0.1	0.55	0.13	p>0.05
10m agilidad	3.88±0.34	3.86±0.27	-0.53	-0.06	p>0.05	4.03±0.38	4.04±0.25	0.35	0.04	p>0.05
Lanz. Parado	69.1±8.46	70.48±9.58	2.00	0.16	p≤0.005	69.83±7.41	70.54±7.78	1.02	0.10	p>0.05
Lanz.3 pasos	73.02±7.9	75.52±8.06	3.42	0.32	p<0.05	73.63±7.67	74.92±7.93	1.75	0.17	p<0.05
Lanz. 3 salto	72.24±7.1	74.02±7.96	2.47	0.25	p≤0.001	73.17±6.97	73.96±7.26	1.08	0.11	p<0.01
Lanz. 360°	64.74±7.58	65.74±7.48	1.54	0.13	p≤0.001	65.54±6.89	65.71±6.42	0.26	0.02	p>0.05

5.6. Discusión

Existen numerosos estudios sobre el EP en superficies rígidas y la validez de la PT para la mejora de la potencia del tren inferior está fuera de toda duda (Sáez de Villarreal *et al.*, 2013, 2012, 2008, 2007; Miller *et al.*, 2006; Saunders *et al.*, 2006; Fatouros *et al.*, 2000; Rimmer *et al.*, 2000; Gehri *et al.*, 1998). De otro lado, la validez del EP en arena seca como método para mejorar la potencia del tren inferior está ampliamente contrastada (Arazi *et al.*, 2014, 2012; Bago *et al.*, 2012; Impellizzeri *et al.*, 2008). Tras los resultados obtenidos en anteriores estudios (Bago *et al.*, 2012), el objeto de éste fue comprobar y comparar el efecto de un EP combinado con sprint en arena seca sobre diferentes variables de rendimiento en superficie rígida para BM convencional o “a 7” (velocidad, agilidad, resistencia y potencia de lanzamiento). La duración de este entrenamiento fue de 5 semanas, a razón de 3 entrenamientos semanales, para un total de 15 sesiones, realizados por jugadores de BM en edad puberal en la pretemporada. Los resultados mostraron mejoras estadísticamente significativas en las variables de salto Abalakov (4.27% de mejora), en la velocidad de desplazamiento (0.23% de mejora en arena y 0.25% en superficie rígida) y en todos los tipos de lanzamientos realizados por el GE en arena (parado: 1.04%; 3 pasos: 1.97%; 3 pasos salto: 2.47%; giro 360°: 1.4%) y en superficie rígida (parado: 2%; 3 pasos: 3.42%; 3 pasos salto: 2.31%; giro 360°: 1.54%). El GC presentó mejoras estadísticamente significativas en las variables de lanzamiento con tres pasos, tanto en apoyo como en salto en superficie rígida (3 pasos: 1.75%; 3 pasos salto: 1.08%). Se observó una tendencia de mejora en todas las variables

estudiadas en el GE con respecto al GC. A este incremento en el % de cambio obtenido por el GE hay que añadir las ventajas que tiene el EP en arena seca por el bajo impacto en lesiones musculares y articulares en comparación con superficies rígidas ya que existen estudios que demuestran los efectos menores en cuanto a daños y lesiones al sistema musculo-esquelético del EP en superficies no rígidas como la arena seca o el agua (Arazi *et al.*, 2014; Binnie *et al.*, 2013; Asadi, 2011; Impellizeri *et al.*, 2008; Miyama *et al.*, 2004; Robinson *et al.*, 2004). Esto viene avalado por estudios como el de Binnie *et al.*, (2013) que encontraron que, tras la aplicación de un protocolo de PT, el daño en el músculo es similar a cuando se entrena en arena seca y en césped pero las respuestas fisiológicas del grupo que entrenó en arena son mucho mayores y sin ningún tipo de detrimento sobre la capacidad rendimiento en el día posterior. Binnie *et al.*, (2014), en una revisión sobre los efectos del entrenamiento en arena seca y lesiones, concluye con que el entrenamiento en arena seca reduce las fuerzas de impacto, lo que probablemente reduzca el daño sobre las articulaciones y el músculo. A pesar de estas evidencias, el autor señala que futuros estudios deberían ir en la línea de registrar la cantidad de daño muscular en comparación con superficies rígidas que se produce con el entrenamiento en arena, cuestión ésta con lo que estamos de acuerdo.

De los resultados obtenidos, debemos destacar que, si bien en algunas de las variables observadas y analizadas no se dio una diferencia estadísticamente significativa en el GE (CMJ: 4.27% de mejora; Agilidad: 0.53% de mejora), quedó evidenciada una tendencia de incremento de los resultados que se han obtenido en este grupo con respecto al GC, representada por el aumento en el % de cambio observado en cada grupo, y que puede ser atribuida a los efectos del EP. Sobre los tamaños del efecto (*effect size* –ES-) obtenidos en los resultados debemos decir respecto a su significación que es *simplemente una manera de cuantificar las efectividad de una particular intervención, relativa a alguna comparación* (Coe *et al.*, 2003). Se puede considerar un ES pequeño para un valor de 0.2, medio para 0.5 y grande a partir de 0.8 (Cohen, 1969). Los resultados obtenidos en nuestro estudio demuestran que hubo un efecto significativo tras aplicar un método de EP al GE con respecto al GC que no realizó el EP.

Al igual que estudios anteriores (Bago *et al.*, 2012), y a diferencia del resto de estudios hallados en la literatura, nuestra novedad es la reducción de la duración del programa de entrenamiento a un total de 15 sesiones desarrolladas durante 5 semanas. Lo más referido en la literatura respecto a la duración de EP, comprende entre 6 y 8 semanas

(Arazi *et al.*, 2014; Binnie *et al.*, 2013; Rajkumar *et al.*, 2013; Asadi, 2011). La reducción a 5 semanas de entrenamiento se justifica por los resultados obtenidos en el estudio de Bago *et al.*, (2012) que demostró las mejoras obtenidas en las mismas variables de entrenamiento aquí estudiadas por un grupo de jugadores de BMP. Este EP fue un implemento a las sesiones de BM, lo que supuso concentrar las cargas de trabajo y, por tanto, aumentar la duración de las sesiones en el GE, por lo que la reducción del volumen de trabajo se nos antoja importantísima dado que existen estudios que demuestran el grado de sobre esfuerzo que supone trabajar en arena seca de playa (Leujeune *et al.*, 1998; Pinnington *et al.*, 2008).

Los resultados obtenidos por el GE en el test de salto muestran mejoras del 4.27% en CMJ y del 3.25% y Abalakov. Meylan *et al.*, (2009) sometieron a un grupo de jóvenes jugadores de fútbol a un programa de 8 semanas de EP en superficie rígida, 2 veces por semana, para un total de 16 sesiones de entrenamiento observando mejoras del 7.9% en CMJ. Michailidis *et al.*, (2013) llevaron a cabo un programa de EP de baja intensidad durante 12 semanas a razón de 2 veces por semana en jugadores de fútbol pre-púberes encontrando mejoras significativas ($p < 0.05$) en la velocidad de desplazamiento lineal, en la altura de salto y en la potencia de piernas en general, concluyendo que en edades pre-puberales este tipo de entrenamiento es propicio para la ganancia de fuerza y, por otro lado, complementar las sesiones de entrenamiento normalizado con el EP optimiza las mejoras de rendimiento. Nuestro estudio halló mejoras del 4.27% de incremento en CMJ para sólo 5 semanas de entrenamiento en el GE. En el salto Abalakov se encontraron mejoras significativas ($p \leq 0.005$) con un % de cambio de 3.25% y un $ES=0.27$. Las diferencias halladas con respecto a estos estudios pueden deberse a varios motivos. Por un lado la falta de experiencia en este tipo de entrenamiento de nuestros sujetos: *no sólo se necesitan sujetos experimentales sino sujetos experimentados*. El aprendizaje de técnicas motrices necesitan de un tiempo grande para asimilarse e interiorizarse, especialmente cuando es necesario la adquisición de un engrama motor que automatice un gesto. Aunque se llevó a cabo un breve periodo de asimilación de la técnica correcta de ejecución quizás no fue suficiente para el aprendizaje de esta técnica por parte de alguno de los sujetos del GE. Aún con eso, se han dado mejoras en la altura de salto. Estas mejoras demuestran la eficacia del entrenamiento planteado dado que, a diferencia del GC, en el GE se apareció un % de cambio moderadamente mayor en los resultados entre el pre y el post test. La aplicación de un EP en arena seca viene

respaldado por estudios como el de Binnie *et al.*, (2014), que sugieren la sustitución de una superficie de hierba por una superficie de arena para un programa de mejora de la condición física de deportistas bien entrenados para una pretemporada de 8 semanas de duración. Los resultados obtenidos en este estudio de Binnie *et al.*, (2014) mostraron mejoras en la frecuencia cardíaca, en la carga de entrenamiento y en el VO_2max en la arena con respecto al césped. Respecto a esto, nuestro estudio mostró en el GE una ligera reducción de la FCmax (-0.45% cambio), con un incremento del lactato en sangre (1.2%), un incremento del 4.54% del tiempo de duración de la prueba de resistencia y un aumento del 10.43% de la carga interna (UA) en la prueba de resistencia (*15m shuttle run test*) realizada en arena seca. Estos datos se traducen como una mejora de la capacidad de resistencia con una mejor tolerancia al lactato. Al igual que en estudios anteriores (Bago *et al.*, 2012), la mejora de la potencia de fuerza en el tren inferior significó un incremento en variables relacionadas como la capacidad de soportar un esfuerzo continuo e incremental en una superficie de arena seca, es decir, la capacidad de resistencia. Junto a los valores de lactato registrados y la RPE podemos sugerir que el incremento de la potencia de piernas se traduce en una mayor capacidad anaeróbica, en tanto en cuanto, se soporta mejor un esfuerzo con valores de lactato superiores y con una percepción de fatiga sólo ligeramente superior (PRE: 9.14 ± 0.79 ; POST: 9.76 ± 0.54). El GE y el GC no realizaron un posterior test de resistencia en una superficie rígida convencional (parqué, goma, cemento...) para controlar las variables extrañas dadas las diferencias existentes en el diseño de los tipos de *shuttle run test* que se realizan en arena y en superficie rígida. La lógica de los resultados obtenidos y el sentido común nos hacen suponer que si la capacidad de resistencia en el GE ha mejorado en arena seca, de igual manera debe suceder en una superficie rígida. Es decir, mejorar la capacidad de resistencia en arena seca es sinónimo de mejora de la capacidad de resistencia en cualquier otro tipo de superficie. Como línea de investigación futura sería conveniente conocer cuál es el coeficiente de mejora de la capacidad de resistencia y la tolerancia al lactato al entrenar en arena seca con respecto a otra rígida tras la realización de un EP. Respecto al uso de la RPE como instrumento de control de la intensidad del entrenamiento en BM consideramos que su validez está fuera de toda duda para su aplicación al BM y al BMP, coincidiendo con el estudio de Feriche *et al.*, (2002).

De otro lado, entendemos el BM como un deporte que demanda intensidades de esfuerzo altas (Gorostiaga *et al.*, 2009). Las demandas físicas y, de manera general, el alto grado motivacional de las exigencias del juego moderno (Povoas *et al.*, 2012) hacen que, quizás, los jugadores muestren un alto grado de motivación que provoquen situaciones de riesgo que conlleven lesiones deportivas (Olmedilla *et al.*, 2010). Pero con el entrenamiento en arena seca, diversos autores han demostrado el bajo impacto sobre el sistema músculo-esquelético. Impellizzeri *et al.*, (2008) apuntan al reducido impacto en el sistema musculo-esquelético producido por la PT en arena seca al disminuir el estrés durante periodos de entrenamiento intenso. Es muy interesante para nuestras conclusiones que la duración de este estudio fue sólo de 4 semanas, periodo suficiente para que aparecieran tendencias de mejoras o resultados estadísticamente significativos en la capacidad de salto, mostrando el grupo de entrenamiento en arena menos lesiones musculares que el grupo de entrenamiento en césped. Diferentes estudios apuntan esta idea: Miyama *et al.*, (2004) concluyen que el entrenamiento con saltos y la carrera en arena seca (no necesariamente combinados) incrementan la capacidad de resistencia aeróbica. Este autor destaca que la realización de 100 *drop jumps* (DJ) en arena seca produce un menor daño muscular que si se realiza en una superficie de madera dado que hay un menor estrés en el complejo músculo-tendinoso sin reducir la capacidad de salto del atleta. Binnie *et al.*, (2014), en estudios sobre el entrenamiento en superficie de arena en deportes de equipo, concluye con que el entrenamiento en arena puede ofrecer un alto coste energético y un bajo impacto de entrenamiento en comparación con métodos de entrenamiento más tradicionales. Este autor afirma que, actualmente, las evidencias sugieren que las adaptaciones fisiológicas y biomecánicas aparecidas únicamente con el entrenamiento en arena seca pueden afectar positivamente al rendimiento en una superficie rígida y, yendo más allá, el bajo impacto de las fuerzas reactivas en arena seca limitan el daño en músculos y tendones, aunque sugiere que las líneas de investigación deben proseguir abiertas. Las evidencias de estos estudios y los resultados obtenidos en esta investigación nos permite suponer que con el protocolo de PT que hemos aplicado, las mejoras en la capacidad de resistencia y el presumible menor daño muscular son fácilmente deducibles cuando practiquemos BM en una superficie rígida.

Respecto a los resultados obtenidos en el test de velocidad de 15m estos no mostraron significación estadística para la arena seca ($p > 0.05$) y sí en superficie rígida ($p < 0.05$).

El GE disminuyó el tiempo de prueba tanto en arena seca (-0.23%; ES= - 0.05) como en superficie rígida (-0.25%; ES= - 0.07) mientras que GC incrementó ligeramente el resultado. Esto puede deberse al *principio de especificidad del entrenamiento*. La literatura nos muestra estudios de 6 semanas de EP realizando DJ que tienen un efecto de disminución del tiempo de sprint en superficie rígida en las distancias de 20m y 40m lisos (Arazi *et al.*, 2014). La poca especificidad del entrenamiento de velocidad puede ser una de las causas de la modesta mejora en los test de velocidad. El EP en arena seca ha demostrado que produce una mejora de la potencia del tren inferior (Arazi *et al.*, 2014, 2012; Bago *et al.*, 2012; Impellizzeri *et al.*, 2008). Esta mejora de la potencia no se traduce en un incremento de la velocidad de desplazamiento lineal en el estudio llevado a cabo. Un estudio llevado a cabo por Juárez *et al.*, (2008) en el que se analizó las posibles relaciones entre la fuerza máxima en SJ y la velocidad (entre otras variables) no encontró correlaciones significativas entre la mejora de la fuerza y el tiempo de sprint en sujetos poco experimentados en el entrenamiento de la fuerza, como es nuestro caso. La especificidad del entrenamiento de velocidad puede ser la clave de los hallazgos obtenidos en nuestro estudio: la mejora exclusiva de la potencia del tren inferior no es suficiente para mejorar la velocidad de desplazamiento lineal en cualquier tipo de superficie. Factores biomecánicos y técnicos como la amplitud de la zancada, la frecuencia de la misma, el tiempo de contacto del pie en el suelo o la coordinación intermuscular, entre otros, son fundamentales para la mejora de esta variable. En distancias cortas, como es nuestro caso, la amplitud de zancada no es determinante tanto como la frecuencia de la misma. Un factor determinante para la mejora de la velocidad en la distancia de 15m con salida libre es la fuerza máxima para acelerar el cuerpo y romper la inercia de la posición estática de parados al movimiento. La mejora de la fuerza explosiva y la potencia del tren inferior no son suficientes para mejorar la salida en esta distancia de 15m y sí lo es más la fuerza máxima, una variable que no está contemplada en este estudio.

La agilidad o test de velocidad de 10m con cambios de dirección mejoró significativamente en el GE en arena seca ($p \leq 0.001$) con una disminución del tiempo de 0.91% En superficie rígida se observó una disminución del tiempo en el test de agilidad (-0.53% de mejora) sin significación estadística. El GC no mejoró los tiempos del test de agilidad de 10m ni en superficie rígida ($p > 0.05$; 0.44% de aumento del tiempo de prueba) ni en arena seca ($p > 0.05$, con un incremento del tiempo de prueba del

0.35%). El resultado obtenido por el GE en la superficie rígida coincide con otros estudios recientes en jóvenes jugadores de tenis (Fernández *et al.*, 2015) que tras la realización de 8 semanas de EP para un total de 16 sesiones combinadas con el entrenamiento regular de tenis, hallaron pequeñas mejoras en la capacidad de agilidad, con significación estadística. Ramírez-Campillo *et al.*, (2014) aplicaron un protocolo de EP de bajo volumen y elevada intensidad a jóvenes jugadores de fútbol durante 7 semanas. Los resultados de este estudio mostraron pequeñas y moderadas mejoras significativas ($p < 0.05$) en la capacidad de resistencia (incremento de mejora del 1.9%), la capacidad de salto (CMJ=4.3%) y del 3.5% en el test de agilidad de Illinois, concluyendo que integrar un programa de EP junto al entrenamiento de fútbol mejora la capacidad de salto y de resistencia pero se necesitarían incluir trabajos específicos de sprint para mejorar esta variable de rendimiento (sprint y sprint con cambios de dirección). Coincidiendo con las conclusiones del estudio de Ramírez-Campillo *et al.*, (2014) de nuevo creemos que la especificidad del entrenamiento se convierte en factor determinante para la obtención de un incremento significativo del rendimiento en una variable como la capacidad de agilidad. Además, al igual que en nuestra investigación, los sujetos experimentales de este estudio son jóvenes jugadores de fútbol por lo que la experiencia en este tipo de entrenamiento puede ser una variable extraña a controlar para futuras líneas de trabajo.

Por último, tal y como señala Antón (1990), *el lanzamiento supone la fase de culminación de toda la construcción del denominado ciclo de ataque en balonmano*. Por eso su importancia es crucial en este deporte. Respecto a la velocidad registrada en los distintos tipos de lanzamientos medidos podemos constatar una mejora significativa en todos los lanzamientos realizados por el GE en superficie rígida: lanzamiento desde parado ($p \leq 0.005$); lanzamiento con 3 pasos ($p < 0.05$); lanzamiento con 3 pasos en salto ($p \leq 0.001$) y *spin shot* ($p \leq 0.001$), con incrementos de mejora que estuvieron entre 1.54% del *spin shot* y el 3.42% del lanzamiento con 3 pasos en apoyo. Debemos destacar que el % de mejora más bajo que se registraron en los lanzamientos realizados en una superficie rígida se corresponden con el *spin shot*, el lanzamiento por antonomasia (junto al *flight* o lanzamiento en vuelo) en el BMP. Y esto pudo ser debido a la poca especificidad de este tipo de lanzamiento en BM, dado que, con un alto grado de certeza, podemos afirmar que el *spin shot* no es un lanzamiento que se realice en BM salvo como recurso de habilidad técnica por una situación circunstancial durante un

encuentro o entrenamiento. El *spin shot* es un lanzamiento que requiere la mayor de las veces situar el cuerpo horizontal respecto a la superficie de juego y caer posteriormente amortiguando, en la medida de lo posible, esta caída. Cuando se realiza por parte de un jugador en arena seca este caída o fase de aterrizaje no implica riesgo alguno pero este hecho cambia cuando el *spin shot* se realiza en una superficie mas rígida de goma. Esta circunstancia puede afectar a la velocidad de lanzamiento de un jugador y, por tanto, se convierte en una variable extraña que podría haber afectado a los resultados de esta variable. El GC mejoró también la velocidad de lanzamiento en superficie rígida de manera significativa en el lanzamiento con 3 pasos en apoyo ($p<0.05$) y con 3 pasos en salto ($p<0.01$). Mejoró de manera no significativa el lanzamiento en apoyo sin pasos y *spin shot* ($p>0.05$). Esto pudo ser debido al propio efecto del entrenamiento de BM. El GE mejoró igualmente, no siempre de manera estadísticamente significativa, todos los tipos de lanzamientos realizados en arena seca, con incrementos en la velocidad de lanzamiento de entre el 1.04% del lanzamiento desde parados hasta el 2.31% del lanzamiento con 3 pasos en salto. Los % de cambio del GC fueron más bajos respecto al GE: 0.18% desde parados y 0.87% con 3 pasos en salto, son significatividad estadística salto en el lanzamiento con 3 pasos en apoyo ($p<0.05$). De igual manera, el GC obtuvo resultados de incremento de la velocidad de lanzamiento más bajos que el GE en superficie rígida, obteniendo significatividad estadística ($p<0.01$) en el lanzamiento con 3 pasos en salto (1.08% de mejora). Estos resultados nos enseñan claramente que hay un efecto de mejora en la velocidad de lanzamiento producido por el EP, tanto cuando se realiza en una superficie de arena como en una rígida. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Bago *et al.*, (2012) con mejoras similares al aplicar un EP a jugadores de BMP. Muy probablemente, el aumento de potencia en el tren inferior produce una mejora en la eficiencia mecánica de los sujetos, una mejor transferencia de fuerzas desde la apoyo del pie en el suelo en el momento del lanzamiento que se traduce en un incremento de la velocidad de lanzamiento. Tal y como señalan Gutiérrez-Dávila *et al.*, (2011) la utilización de diferentes modelos de ejecución en los lanzamientos por parte de los jugadores confirma el uso de técnicas individuales de lanzamiento que puede afectar a la velocidad del mismo. García *et al.*, (2011) confirman que existe un componente antropométrico del tipo mesomórfico que puede ser determinante en la velocidad de lanzamiento en jugadoras de BM. Estos aspectos debemos considerarlos con respecto a la velocidad de lanzamiento final. Gorostiaga *et al.*, (2009), en un estudio comparativo de la velocidad de lanzamiento entre jugadores de élite y amateur,

encontrando correlaciones significativas entre la velocidad de lanzamiento con 3 pasos en apoyo y la fuerza en media sentadilla, sugiriendo que en el lanzamiento en apoyo la fuerza de piernas es relevante, además de la importancia de una buena activación secuencial de los segmentos corporales para la transferencia de fuerzas desde los miembros inferiores hacia el miembro superior, siendo una de las variables discriminativas en la diferencia de nivel entre jugadores. Gorostiaga et al., (2009) concluyen con que la velocidad de lanzamiento en BM está relacionada con la propiedad intrínseca de los músculos como en la capacidad de transmitir de manera óptima el flujo de energía hacia los miembros distales. Luego el incremento de la potencia de fuerza del tren inferior es un parámetro importante en la velocidad de lanzamiento. Aguilar *et al.*, (2012) señala que se pueden encontrar diferencias mecánicas en la ejecución que afecta a la velocidad de lanzamiento en función de si los sujetos son nóveles o experimentados en la práctica de BM. En nuestro estudio los sujetos experimentales eran jóvenes jugadores en fase de aprendizaje y consolidación de los mismos y, con todo, ha quedado reflejado que existe un incremento de la fuerza del tren inferior determinado por el aumento de la altura de salto que se acompaña con un aumento de la velocidad de lanzamiento en el GE. Chelly *et al.*, (2010) en un estudio sobre la relación existente entre la potencia de fuerza de las extremidades inferiores y superiores en el lanzamiento en BM concluyen con la necesidad de incorporar programas de entrenamiento específicos para el tren inferior ya que existe una relación entre la fuerza del tren inferior y la velocidad de lanzamiento en apoyo tras e pasos. Podemos afirmar que, para mejorar la velocidad de lanzamiento en BM, mejorar la potencia de piernas se convierte en factor fundamental que, además, será de capital relevancia para otras necesidades intrínsecas a la naturaleza del juego, y que debe ir acompañado por trabajos de coordinación para la transmisión de fuerzas a través de la cadena cinética de movimiento desde el apoyo del pie en el suelo así como de una mejora de la fuerza general del tren superior. Marqués *et al.*, (2007) apunta a la importancia de la mejora de la fuerza del tren superior e inferior para incrementar la velocidad de lanzamiento en BM. Por los datos obtenidos en este estudios podemos considerar la importante participación de la fuerza del tren inferior en la velocidad de lanzamiento en BM.

5.7. Bibliografía

1. AGUILAR-MARTÍNEZ, D.; CHIROSA, L. J.; MARTÍN, I.; CHIROSA, I.J. & CUADRADO-REYES, J. Efecto del entrenamiento de la potencia sobre la velocidad de lanzamiento en balonmano / Effect of power training in throwing velocity in team handball. *Rev. Int. Med. Cienc. Act. Fís. y Deporte* vol. 12 (48) pp. 729-744. 2012
2. ANTÓN, J.L: Balonmano. Fundamentos y etapas de aprendizaje. *Ed. Gymnos*, Madrid, 1990.
3. ARAZI, H. & ASADI, A. The effect of aquatic and land plyometric training on strength, sprint, and balance in young basketball players, *Journal of Human Sport and Exercise*, 6, 101-111. 2011
4. ARAZI, H., COETZEE, B. & ASADI, A. Comparative effect of land and aquatic based plyometric training on jumping ability and agility of young basketball players. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and recreation*, 34, 1-14. 2012
5. ARAZI, H., MOHAMMADI, M. & ASADI, A. Muscular adaptations to depth jump plyometric training: Comparison of sand vs. land surface. *Interv. Med. Appl. Sci.* 6(3): 125-30. 2014
6. ASADI, A. Effects of in-season short term plyometric training on jumping and agility performance of basketball players, *Sport Science for Health*, Vol. 9, 133-137. 2013
7. ASADI, A. & ARAZI, H. Effects of high-intensity plyometric training on dynamic balance, agility, vertical jump and sprint performance in young male basketball players. *Journal of Sport and Health Research*, 4, 34-44. 2012
8. BAGO, P. & SÁEZ DE VILLARREAL, E. Effects of plyometric and sprint training on sand on physical and technical skill performance in beach handball players. 2012. (Submitted)
9. BAGO, P., SAEZ DE VILLARREAL, E. Effects of a multistage shuttle run 15 meters test on heart rate, lactate and rating of perceived exertion in beach handball players. *18th annual Congress of the European College of Sports Science*. 2013.
10. BINNIE, M.J., DAWSON, B., ARNOT, M. A., PINNINGTON, H., LANDERS, G. & PEELING, P. Effect of sand versus grass training surfaces during an 8-weeks pre-season conditioning programme in team sport athletes. *J Sports Sci.* 31:11, 1001-1012. 2014

11. BINNIE, M.J., DAWSON, B., PINNINGTON, H., LANDERS, G. & PEELING, P. Effect of training surface on acute physiological responses after sport-specific training. *J. Strength Cond Res.* 27(4): 1047-56. 2013
12. BINNIE, M.J., DAWSON, B., PINNINGTON, H., LANDERS, G. & PEELING, P. Part 2: Effect of training surface on acute physiological responses after sport-specific training. *J. Strength Cond Res.* 27(4): 1057-66. 2013
13. CHELLY, M.S., HERMASSI, S. & SHEPHARD, R.J. Relationship between power and strength of the upper and lower limb muscles and throwing velocity in male handball players *J. Strength Cond. Res.* 24 (6) 1480-7. Jun 2010.
14. COE, R. & MERINO, C. Magnitud del efecto: Una guía para investigadores y usuarios. *Rev. de Psicología de la PUCP.* Vol. XXI, 1. 2003.
15. COHEN, J. Statistical power analysis of the behavioral sciences. *New York: Academic Press.* (1969).
16. FATOUROS, I.G., JAMURTAS, A.Z., TAXILDARIS, K., LEONTSINI, D., MORINOS, S., KOSTOPOULOS, N., & BUCKENMEYER, P.J. Evaluation of plyometric exercise training, weight training and their combination on vertical jump performance and leg strength. *J. Strength Cond Res*, 14, 470-476. 2000.
17. FERICHE, B; CHIROSA, L.J. & CHIROSA, I. Validez del uso de la RPE en el control de la intensidad de entrenamiento en BM. *Archivos de Medicina del Deporte.* 91, 377-383. 2002.
18. FERNÁNDEZ, J., SANZ-RIVAS, D., SÁEZ DE VILLARREAL, E. & MOYA, M. The effects of 8-week plyometric training on physical performance in young tennis players. *Pediatric Exerc. Sci.* Aug.2015 [e-pub ahead to print]
19. FLECK, S., SMITH, S., CRAIB, M., DENAHAN, T., SNOW, R. & MITCHELL, M.L. Upper extremity isokinetic torque and throwing velocity in team handball. *J Strength Cond Res.* 6 (2), 66-124. 1992.
20. FOSTER, C., FLORHAUG, J.A., FRANKLIN, J., GOTTSCHALL, L., HROVATIN, L.A., PARKER, S., DOLESHAL, P. & DODGE, C.A. New approach to monitoring exercises training. *J Strength Cond Res* 15(1), 109-115. 2001.

21. GARCÍA, M., ALCARAZ, P.E., FERRAGUT, C., MANCHADO, C., ABRALDES, J.A., RODRÍGUEZ, N. & VILA, H. Body Composition and Throwing Velocity in Elite Women's Team Handball. *Cultura, Ciencia y Dep.* 7 (6): 129-135. 2011.
22. GEHRI, D.J., RICARD, M.D., KLEINER, D.M., & KIRKENDALL, D.T. A comparison of plyometric training techniques for improving vertical jump ability and energy production. *J. Strength Cond Res*, 12, 85-89. 1998.
23. GOROSTIAGA, E. M., IBÁÑEZ, J., RUESTA, M.T., GRANADOS, C. & IZQUIERDO, M. Differences in physical fitness and throwing velocity between elite and amateur handball players. *E-BM: Revista de CC. del Deporte*. 5(2). 57-64. 2009.
24. GUTIÉRREZ-DÁVILA, M., ORTEGA, M., PÁRRAGA, J., CAMPOS, J. & ROJAS, F.J. Variability of the temporary sequence of the kinetic chain of the handball throw. *Int. Rew. Med. And Sports S.* 11 (43). 2011
25. HERMASSI, S., CHELLY, M.S., FATHLOUN, M. & SHEPHARD, R.J. The effect of heavy- vs. moderate-load training on the development of strength, power, and throwing ball velocity in male handball players. *J Strength Cond Res* 24: 2408-2418. 2010.
26. HERMASSI, S., CHELLY, M.S., TABKA, Z., SHEPHARD, R.J. & CHAMARI K. Effects of 8-week inseason upper and lower limb heavy resistance training on the peak power, throwing velocity and sprint performance of elite male handball players. *J Strength Cond Res* 25: 2424-2433. 2011.
27. IMPELLIZZERI, F.M., RAMPININI, E., CASTAGNA, C., MARTINO, F., FIORINI, S., & WISLOFF, U. Effect of plyometric training on sand versus grass on muscle soreness and jumping and sprinting ability in soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 42, 42-46. 2008
28. JUÁREZ, D., NAVARRO, F., ACEÑA R.M., GONZÁLEZ, J.M., ARIJA, A. & MUÑOZ, V. Relación entre la fuerza máxima en squat y acciones de salto, sprint y golpeo de balón. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte* IV: 1-12. 2008.
29. LEUJENE, T.M, WILLEMS, P.A. & HEGLUND, N.C. Mechanics and energetic of human locomotion on sand. *J. of Exp. Biology*, 201, 2071-2080. 1998.
30. MARKOVIC, G. Does plyometric training improve vertical jump performance? A meta-analytical review. *British Journal of Sports Medicine*, 41, 349-355. 2007

31. MARKOVIC, G., JUKIC, I., MILANOVIC, D., & METIKOS, D. Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *J. Strength Cond Res*, 21, 543-549. 2007
32. MARQUES, M.C., VAN DEN TILLAAR, R., VESCOVI, J. & GONZALEZ-BADILLO, J.J. Relationship between throwing velocity, muscle power and bar velocity during bench press in elite handball players. *Int. J. Sports Phy. Performance*. 2, 414-422. 2007
33. MEYLAN, C. & MALATESTA, D. Effects of in-season plyometric training within soccer practice on explosive actions of young players. *J Strength Cond Res* 23(9): 2605–2613. 2009.
34. MICHAILIDIS, Y., FATOUROS, I.G., PRIMPA, E., MICHAILIDIS, C., AVLONITI, A., CHATZINIKOLAOU, A., BARBERO-ÁLVAREZ, J.C., TSOUKAS, D., DOUROUDOS, I.I., DRAGANIDIS, D., LEONTSINI, D., MARGONIS, K., BERBERIDOU, F., & KAMBAS, A. Plyometrics' trainability in preadolescent soccer athletes. *J. Strength Cond Res*, 27, 38-49. 2013
35. MILLER, M.G., HERNIMAN, T.J., RICARD, M.D., CHEATHAM, C.C., & MICHAEL, T.J. The effects of a 6-week plyometric training program on agility. *Journal of Sport Science and Medicine*, 5, 459-465. 2006
36. MIYAMA, M., & NOSAKA, K. Influence of surface on muscle damage and soreness induced by consecutive drop jumps. *J. Strength Cond Res*, 18, 206-211. 2004
37. OLMEDILLA, A., BLAS, A. & LAGUNA, M. Motivación y lesiones deportivas en jugadores de balonmano. *Rev. Argentina de C. Comportamiento*. 2(3): 1-7. 2010.
38. PINNINGTON, H.C. & DAWSON, B. Running economy of elite surf iron men and male runners, on soft dry beach sand and grass. *Eur. J. Appl Physiol*. 86(1): 62-70. 2001
39. PINNINGTON, H.C. & DAWSON, B. The energy cost of running on grass compared to soft dry beach sand. *J. Sci Med Sport*. 4(4): 416-30. 2001
40. POVOAS, S., SEABRA, A., ASCENSAO, A., MAGALHAES, S. & REBELO, A. Physical and physiological demands of elite team handball. *J. Strength and Cond. Research*. 26 (12): 3365-3375. 2012

41. RAJKUMAR, S. & DEVARISHI, K. C. Effect of sand training on jumping abilities of junior volleyball players. *J. Edu. and Practice*. 4, 9. 2013
42. RAMÍREZ-CAMPILLO, R., MEYLAN, C., ÁLVAREZ, C., HENRÍQUEZ-OLGUÍN, C., MARTÍNEZ, C., CAÑAS-JAMETT, R., ANDRADE., D.C. & IZQUIERDO, M. Effects of in-season low-volume high-intensity plyometric training on explosive actions and endurance of young soccer players. *J. Strength Cond. Res*. 28(5): 1335-1342. 2014.
43. RIMMER, E., & SLEVERET, G. Effects of a plyometric intervention program on sprint performance. *J. Strength Cond Res*, 14, 295-301. 2000
44. ROBINSON, L., DEVOR, S., MERRICK, M.A. & BUCKWORTH, J. The effects of land vs. aquatic plyometrics on power, torque, velocity and muscle soreness in women. *J. Strength Cond Res*. 18(1): 5-196. 2004.
45. ROBINSON, L.E., DÉCOR, S.T., MERRICK, M.A., & BUCKWORTH, J. The effects of land vs. aquatic plyometrics on power, torque, velocity, and muscle soreness in women. *J. Strength Cond Res*, 18, 84-91. 2004
46. SAEZ DE VILLARREAL, E., GONZALEZ-BADILLO, J.J., & IZQUIERDO, M. Low and moderate plyometric training frequency produce greater jumping and sprinting gains compared with high frequency. *J. Strength Cond Res*, 22, 715-725. 2008
47. SAEZ DE VILLARREAL, E., GONZALEZ-BADILLO, J.J., IZQUIERDO, M. Optimal warm-up stimuli activation to enhance short and long-term acute jumping performance. *Eur. J. Appl Physiol*. 100(4): 393-401. 2007
48. SAEZ DE VILLARREAL, E., REQUENA, B., & CRONIN, J.B. The effects of plyometric training on sprint performance. A meta-analysis. *J. Strength Cond Res*, 26, 575-584. 2012
49. SAEZ DE VILLARREAL, E., REQUENA, B., & NEWTON, R.U. Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, 513-522. 2012
50. SAEZ DE VILLARREAL, E., REQUENA, B., IZQUIERDO, M. & GONZÁLEZ – BADILLO, J.J. Enhancing sprint and strength performance: combined maximal power, traditional heavy-resistance and plyometric training. *J. Sci Med Sport*, 16(2) 146-50. 2013

51. SAEZ DE VILLARREAL, E., REQUENA, B., IZQUIERDO, M. & GONZALEZ-BADILLO, J.J. Enhancing sprint and strength performance: combined versus maximal power, traditional heavy-resistance and plyometric training. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 16(2): 146-50. 2013
52. SAEZ DE VILLARREAL, E., SUAREZ-ARRONES, L., REQUENA, B., HAFF, G.G. & FERRETE, C. Effects of plyometric and sprint training on physical and technical skill performance an adolesdent soccer players. *J. Strength Cond Res*, 29 (7): 1983-904. 2015
53. SAUNDERS, P.U., TELFORD, R.D., PYNE, D.B., PELTOLA, E.M., CUNNINGHAM, R.B., GORE, C.J. & HAWLEY, J.A. Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners. *J. Strength Cond Res*. 20(4): 947-54. 2006
54. SHEPPARD, J.M. & YOUNG, W.B. Agility literature review: classifications, training and testing. *J Sports Sci* 24: 919-932. 2006.

CAPÍTULO 6: Conclusiones generales

Conclusiones generales

Los estudios que se han realizado nos informan de una manera clara sobre varios aspectos fundamentales para el conocimiento y el desarrollo del BMP: Por un lado hemos comprobado que la realización de esfuerzos de desplazamientos en arena seca son de carácter anaeróbico a una velocidad de carrera inferior en comparación a la misma velocidad en superficies rígidas y que en cortos periodos de tiempo se produce una elevada acumulación de lactato en sangre que limita el rendimiento si la intensidad del esfuerzo no disminuye. Por otro lado hemos podido conocer que la RPE es, también en BMP, un instrumento de información muy válido para conocer el estado de fatiga de los jugadores. Esta información nos debe de servir como referente para la adecuación de los métodos de entrenamiento y la programación y planificación de los entrenamientos, especialmente cuando en BMP la temporada es significativamente más corta que en BM convencional.

La aplicación de un protocolo de EP en arena seca ha dado como resultado la mejora en variables de entrenamiento relacionadas directamente con el incremento del rendimiento en BMP. La mejora de la potencia de fuerza en el tren inferior se ha reflejado en la capacidad de salto de los sujetos, en el incremento de la velocidad de desplazamiento, especialmente con cambios de agilidad; los sujetos mostraron mejores y mayores valores en el *15m shuttle run test*, con una mayor capacidad de resistencia y una mayor tolerancia al lactato. La velocidad de lanzamiento mejoró igualmente en el GE en todos y cada uno de los tipos de lanzamientos realizados, lo que supone una mayor transferencia de fuerza desde los segmentos inferiores y hacia el brazo ejecutor del lanzamiento. Especial importancia para el BMP la mejora obtenida en la velocidad de lanzamiento en *spin-shot* o lanzamiento con giro de 360°, específico de la modalidad de playa y muy importante para el logro del éxito en la confrontación con el adversario.

Y, por último, el incremento de la potencia del tren inferior con el protocolo de EP que hemos aplicado, mejora estas mismas variables para superficies rígidas para, por ejemplo, una pretemporada de BM, con la ventaja añadida del menor impacto sobre el aparato locomotor del entrenamiento pliométrico en arena seca, tal y como apuntan diferentes estudios.

Con los resultados obtenidos en el **Estudio 1** hemos llegado a las siguientes conclusiones:

1. La velocidad máxima de desplazamiento en arena seca para el BMP debe ser registrada sobre la distancia de 15m, que se corresponde con la distancia entre las líneas de área de 6m que establece el reglamento, es decir, el espacio sin áreas prohibidas donde se desarrolla el juego. Carece de sentido, en base al principio de adecuación y especificidad del entrenamiento, trabajar sobre distancias más largas cuando los esfuerzos de desplazamientos máximos en BMP pueden ser de 15m y, esa distancia, se repite con continuos cambios de ritmo y dirección en la carrera.

Maximum speed on sand for BH must be registered on 15m distance, which corresponds to the playground between 6m area where develops the game. Meaningless, based on the training principle of specificity, to work over longer distances when maximum playground distance in BH is 15m, with continuous changes of direction.

2. El test de carrera progresiva en ida-vuelta sobre 15m de 10 minutos máximos de duración es un instrumento válido para la obtención de datos de la frecuencia cardíaca, el lactato sanguíneo (post-ejercicio y +3'min recuperación) y la percepción subjetiva del esfuerzo en diferentes minutos de la prueba. De los resultados de este test se derivan datos relacionados con la capacidad láctica de un sujeto y la frecuencia cardíaca máxima en esfuerzos de alta intensidad realizados en arena seca.

15m shuttle run test of 10 minute is a valid instrument to get information of heart rate, blood lactate (post-exercise recovery and +3'min) and RPE during the test. Results of the test data related to lactic capacity and maximal heart rate in high-intensity efforts in dry sand.

3. Los resultados del test demuestran que el trabajo físico en arena para BMP requiere intensidades muy elevadas de la frecuencia cardíaca (~ 90%). Estos datos coinciden con otros estudios realizados en situación real de juego en fútbol-playa

Results show that the physical work in BH requires very high intensities heart rate (~ 90%). These data are consistent with other studies in real game situation in beach soccer.

4. La frecuencia cardíaca es un parámetro fiable para determinar la intensidad de trabajo en BMP. Sin embargo, debemos tener en cuenta las características

fisiológicas y antropométricas de cada sujeto y establecer estudios y evaluaciones intrasujeto de este parámetro, ya que las diferencias entre sujetos es muy señalada.

HR is a reliable parameter for determining work intensity in BH. However, we must consider players physiological and anthropometric own characteristics and develop studies and evaluations intrasubject.

5. Los resultados de acumulación de lactato en sangre obtenidos de la realización del test arrojan evidencias de que el BMP es un deporte de prestación mixta con elevada participación del metabolismo anaeróbico y la consecuente producción de ácido láctico. La capacidad de un jugador de eliminar o transportar fuera del músculo ese ácido láctico influirá en su rendimiento. Esfuerzos intensos y breves realizados en la arena suponen una elevada producción de ácido láctico. Estos resultados coinciden con la literatura. Por tanto, los esfuerzos en la planificación, programación y realización de entrenamientos por parte de un entrenador deben de considerar estas variables para la optimización de resultados.

Blood lactate results performing 15m shuttle run test show evidence that BH is a sport of mixed performance with high participation of anaerobic metabolism with the lactic acid consequent production. Player's ability to remove lactic acid in muscle could affect performance. Short and intense efforts on sand means a high lactic acid production. These results are consistent with literature. Therefore, we must consider these variables to include similar efforts in training planning to optimize results.

6. La no correlación significativa entre la frecuencia cardíaca y los niveles de lactato sanguíneo es consecuencia de las particularidades psicofisiológicas de cada sujeto. Por eso el tratamiento individualizado de las cargas de entrenamiento serán de especial importancia para la mejora de rendimiento individual y, consecuentemente, colectiva de un equipo de BMP.

No significant correlation between HR and blood lactate levels results from psychophysiological peculiarities of each subject. That's why individualized training loads will be importance to improve individual performance and consequently collective in a BH team.

7. La RPE de la escala de Borg de 15 grados puede ser un instrumento fiable que correlacione diferentes variables de un esfuerzo físico en BMP. Sin embargo,

consideramos necesario que los investigadores o entrenadores que utilicen este parámetro familiaricen primero a los sujetos entrenados para evitar distorsiones en los resultados.

15 degrees RPE Borg scale can be a reliable instrument to correlate different variables of effort in BH. However, we consider that is necessary that trainers using first this parameter teaching their players to avoid distorting on results.

8. Las no correlaciones entre las variables RPE, frecuencia cardíaca y diferentes medidas de lactato pueden deberse al tamaño de la muestra. Trabajos futuros en este campo deben considerar muestras de población más grande o, en su caso, de mayor nivel competitivo, tal y como hemos apuntado en la discusión.

Non-correlations between RPE, HR and lactate variables may be due to sample size. Future works should consider larger population samples or elite BH players level as we noted in the discussion.

Las conclusiones alcanzadas con los resultados obtenidos en el **Estudio 2** son las siguientes:

1. La aplicación 5 semanas de entrenamiento (15 sesiones) de un protocolo de pliometría combinado con sprint de 15m mejoró significativamente la potencia muscular en el tren inferior en jugadores de BMP, reflejado en el incremento de la altura de salto.

Five weeks (15 sessions) of PT plus 15m sprint significantly improved muscle strength in the lower body in BH players, reflected on jump increase

2. Esta mejora de la potencia en los músculos de las piernas incrementó significativamente la velocidad de desplazamiento con cambios de dirección (agilidad), capacidad fundamental para la obtención de rendimiento en BMP, dada la naturaleza propia del juego.

Power improvement in the legs muscles increased significantly the speed with direction changes (agility), fundamental ability to obtain performance in BH, given the nature of the game

3. La realización de sprint tras las series de pliometría no garantizó la mejora de la velocidad de desplazamiento lineal en arena seca. No hubo mejoras significativas que apuntalen este hecho aunque hubo ligeras mejoras en la velocidad de

desplazamiento lineal en 15m, debido muy probablemente a los procesos naturales de adaptación al medio.

Sprint after PT series is not guarantee to improve speed in dry sand. There were no significant improvements that underpin this fact although there were slight improvements in the 15m speed, probably due to the natural processes of adaptation to the sand.

4. Tras la realización del entrenamiento de pliometría, se encontró una mayor capacidad para soportar un esfuerzo incremental de desplazamiento en arena seca con cambios de dirección (incremento del tiempo de trabajo, es decir, resistencia) sin que hubiera habido cambios significativos en la FC y una mayor y mejor tolerancia al lactato, disminuyendo ligeramente la percepción de fatiga de los jugadores.

After PT, a greater ability to bear a running incremental effort on dry sand in a 15m shuttle run test (endurance) with no significant changes in HR and a better lactate tolerance, slightly decreasing on RPE was found.

5. Finalmente, se produjo también una mejora en la velocidad de lanzamiento específico de BMP en aquellos lanzamientos que se ejecutaban tras la aplicación del ciclo de pasos, evidenciando que el EP en arena seca mejora de la potencia del tren inferior influyendo positivamente en la fuerza de lanzamiento, posiblemente como resultante de una composición de fuerzas incrementada.

Finally, there was an improvement in the speed of specific BH throw in those that were executed after specific three steps, with and without jump, showing that PT in sand improve lower body power and getting a positive influence on the throw strength, possibly like a resulting from forces component.

Del **Estudio 3** se desprenden las siguientes conclusiones por los resultados obtenidos:

1. Aplicar un protocolo de EP en arena seca durante 5 semanas (15 sesiones) en jóvenes jugadores de BM supone lograr un incremento en la altura de salto en una superficie rígida de BM convencional.

5 weeks (15 sessions) of PT in dry sand for BH young players increased jump height in a conventional HB firm surface.

2. La mejora de la potencia de piernas puede aumentar significativamente la capacidad de resistencia de un jugador de BM y la capacidad de tolerancia al lactato, factor fundamental para la mejora de rendimiento en BM.

To improve legs power can significantly increase HB players endurance and the ability to lactate tolerance, basic factor for improving performance in HB.

3. Esta mejora de la potencia del tren inferior se traduce en una ligera y no significativa mejora de la velocidad de desplazamiento y de la agilidad en una superficie rígida de BM. Seguramente es necesario una mayor especificidad del entrenamiento de la velocidad para la mejora de estas variables de rendimiento en BM.

This lower body power improved results in a slight and no significant increase in 15m speed and agility on a HB firm surface. Surely, it is necessary a greater specificity speed training to improve performance in these HB variables.

4. El EP en arena seca se traduce en una mejora de la velocidad de lanzamiento en BM al mejorar la potencia de piernas y la transferencia de fuerzas desde los segmentos más distales hasta el brazo ejecutor, posiblemente al mejorar la eficiencia mecánica.

PT on sand means the throw speed improved in HB because increase legs power and the forces transfer from distal segment (legs) to the executing arm, possibly by mechanical efficiency improving.

5. Aunque las mejoras tras la aplicación del protocolo de EP son claras en el GE respecto al GC, es necesario que los jugadores adquieran experiencia en este tipo de entrenamiento para lograr, probablemente, mejoras más significativas.

Although improvements after application PT are clear in EG regard to CG is necessary for players to gain experience in this type of training to achieve probably the most significant improvements.

6. Las mejoras en las variables estudiadas tras el protocolo de PT se obtienen, posiblemente, con un menor impacto sobre el aparato locomotor, en base a los estudios que demuestran el menor daños en las estructuras óseas y musculares cuando el entrenamiento se realiza en superficies de arena con respecto a superficies rígidas.

Variables improvements in this study following the PT are obtained, possibly with less impact on the musculoskeletal system, based on studies that shows

least damage to bone and muscle structures when the training is done on sand with respect to firm surfaces.

CAPÍTULO 7: Limitaciones a la tesis

Limitaciones de la Tesis

Los estudios desarrollados para esta Tesis Doctoral, aunque cumplen con el protocolo de investigación científica, no están exentos de limitaciones. Honestamente, se entiende que el carácter subjetivo de las investigaciones puede convertirse en una variable extraña que no esté controlada en todos los aspectos.

Todas nuestras mediciones y los diferentes estudios que forman parte de esta Tesis Doctoral se han realizado en superficies de arena seca. Esto, en sí mismo, dificulta muchísimo el proceso de registro de datos. Hemos tenido que ingeniar la manera de poder medir sin que los instrumentos se vean afectados o dañados por la arena. Las plataformas de salto no pueden utilizarse en las pistas de BMP puesto que la impulsión en arena conlleva mover y levantar una gran cantidad de esta que imposibilitaba el registro correcto del salto. La idea de utilizar un altímetro se descartó desde un primer momento por la deformación de la arena previo a la realización del salto. Por ello, se decidió realizar las mediciones de la altura de salto en superficie rígida: la fiabilidad de los instrumentos de medida estaba garantizada y nos permitió conocer la variación de la altura de salto previo al entrenamiento pliométrico y posterior al mismo.

Para estudiar e investigar en BMP se requieren tres elementos fundamentales: pistas de arena o playas (y no todas las playas tienen la calidad de arena para practicar BMP, ni lamentablemente, todas las pistas de arena tienen las características óptimas de calidad de arena), clubes estructurados que quieran participar y ayudar en las investigaciones y jugadores, no sólo que se conviertan en sujetos experimentales sino que sean sujetos experimentados. A esto hay que añadirle las limitaciones del calendario que, de noviembre a mayo, complica la investigación por dos motivos: los equipos están inmersos en las temporadas regulares de BM indoor y las condiciones climáticas de lluvia compactan la arena. Es por ello que el n de cada uno de nuestros estudios es limitado. Aún es difícil encontrar jugadores con la experiencia, calidad, madurez y la responsabilidad suficiente que los conviertan en sujetos experimentales fiables. Aún con todo, se ha encontrado la suficiente población para garantizar los resultados de las mediciones.

De otro lado y con respecto a las mediciones, nos hemos dado cuenta que para el registro de la velocidad o cualquier otra variable que suponga un desplazamiento en arena seca hay una afectación por una variable extraña imposible de controlar: el nivel y grado de deformación de la arena. Sin embargo, esto se ajusta a la realidad del juego, por lo que las condiciones de medición han estado en concordancia con la naturaleza propia del BMP y, a fin de cuentas, el objetivo de toda investigación, es conocer cuál es la realidad de un hecho observable y analizarlo en profundidad evitando cualquier posible manipulación. En BMP el grado de efectividad y eficiencia en una acción técnica puede verse afectado por la impulsión lograda en función de cómo se encuentre la arena que hay bajo el pie de apoyo.

CAPÍTULO 8: Aplicaciones prácticas

Aplicaciones prácticas

El fin de los tres estudios que componen esta Tesis Doctoral es aportar información útil respecto a parámetros concretos que forman parte y determinan el rendimiento en BMP. Luego las conclusiones que se destacan sobre los hechos observados y estudiados tienen como fin la aplicación al propio juego, más especialmente, a las fases de preparación de eventos competitivos. Llevar a la práctica los resultados obtenidos en estas investigaciones son un hecho en la actualidad. Esto no se puede interpretar como garantía de éxito, entendiendo *éxito* como sinónimo de excelencia en el rendimiento, sino como la utilización de lo descubierto a la realidad del juego del BMP: la Selección Española Masculina Sub-18 (medalla de plata en el Campeonato de Europa YAC U-18, 2014) y la Selección Española Masculina Sub-19 (medalla de bronce en el Campeonato de Europa YAC U-19, 2015) han realizado los entrenamientos de pliometría descritos en esta Tesis.

A partir de estas conclusiones las aplicaciones prácticas son numerosas y entre ellas las siguientes:

1. Con este protocolo de pliometría en arena seca se mejora la altura de salto y, en general, la potencia de piernas en un periodo de cinco semana. Luego este entrenamiento puede aplicarse a cualquier modalidad deportiva que no se desarrolle en una superficie de arena y lograr beneficios de fuerza en un corto periodo de tiempo.

2. El entrenamiento en arena seca incrementa la capacidad de resistencia, tanto aeróbica como anaeróbica, al ser capaz de realizar esfuerzos de alta intensidad que suponen un gasto energético mayor. El entrenamiento en arena seca se torna en anaeróbico a los pocos minutos de comenzar. La rápida y mayor tolerancia al lactato mejora la capacidad anaeróbica de los sujetos. Entrenar en arena seca facilita y mejora luego la capacidad de resistencia en desplazamientos en superficies rígidas.

3. Aunque no era objeto de estas investigaciones, varios estudios (Miyama *et al.*, 2004; Impellizzeri *et al.*, 2008; Binnie *et al.*, 2013) han demostrado el bajo impacto sobre el aparato locomotor de realizar multisaltos en arena seca en comparación con superficies más rígidas. Este hecho apunala la conveniencia de incluir este tipo de

entrenamiento en algún ciclo de la programación para potenciar el tren inferior reduciendo el estrés sobre el organismo.

4. La mejora de la potencia del tren inferior se transfiere directamente a la velocidad de lanzamiento por la transmisión de fuerzas en un sistema desde el apoyo del pie en la superficie. Luego mejorar velocidad de lanzamiento puede lograrse a través de la mejora de la potencia de impulsión al mejorar, probablemente, la eficiencia mecánica por lo que el estrés sobre la articulación del hombro, tan afectado y tendente a la lesión en BM, puede reducirse con este método de entrenamiento.

5. Los cambios de dirección son habilidades genéricas habituales en los deportes, especialmente en los deportes colectivos de cooperación-oposición como lo son el BM y el BMP. Trabajar la agilidad y los cambios de dirección en arena seca posibilita mejorar esta habilidad con un menor impacto sobre la articulación de la rodilla al reducirse las fuerzas reactivas sobre ésta en angulaciones que suponen componentes de fuerzas que pueden provocar lesiones traumáticas o por sobrecarga.

6. Como señala Tarantino (2014)¹ *la arena seca presenta inestabilidad y resistencia, lo cual provoca una mayor activación muscular y refleja. Por su capacidad de deformación y absorción de impactos, la arena es un medio natural muy apropiado para la estimulación del sistema propioceptivo y para la recuperación de lesiones.* Luego la arena seca es un medio que no sólo mejora la potencia del tren inferior sino que desarrolla la capacidad propioceptiva de las articulaciones, fortaleciéndolas y protegiéndolas de potenciales lesiones.

7. En línea con el punto anterior, este entrenamiento se puede aplicar a deportistas que vuelven después de un periodo de lesión en cualquiera de las articulaciones del tren inferior.

8. A nivel psicológico, variar la metodología de entrenamiento puede suponer una liberación y reducción de la presión para los deportistas, habituados al mismo tipo de trabajo.

¹ Tarantino Ruiz, F. Propiocepción y trabajo de estabilidad en fisioterapia y en el deporte: principios en el diseño de ejercicios. 7ª ed. *del certamen internacional de artículos de fisioterapia en internet*. 2014

CAPÍTULO 9: Futuras líneas de investigación

Futuras líneas de investigación

Los trabajos iniciados en esta Tesis Doctoral no son más que un primer paso para avanzar en el camino que nos lleve a optimizar el rendimiento en BMP con el firme propósito de establecer las bases de entrenamiento de una modalidad deportiva que, muy posiblemente y en pocos años, forme parte del programa de unos Juego Olímpicos.

Por ello no debemos parar aquí. Los resultados obtenidos nos abren las puertas a posteriores trabajos que, siguiendo una tendencia continuista, supondrán avanzar hacia futuros conocimientos. Proponemos, por tanto, las siguientes líneas futuras de trabajo:

1. Aunque el test de resistencia diseñado a partir de otros conocidos nos ha servido como prueba de referencia, validarlo sería conveniente de cara a trabajos posteriores.

2. Dado el carácter intermitente de muchos de los esfuerzos que se realizan en BMP, además del *15m shuttle run test*, sería conveniente diseñar y validar otro test sobre la distancia de 15m igualmente pero que incluya periodos de recuperación.

3. Encontrar correlaciones entre la velocidad de desplazamiento y la velocidad de lanzamiento tanto en BMP como en BM.

4. Como trabajo descriptivo, se puede utilizar la tecnología GPS para conocer los tipos de desplazamiento (velocidad, dirección, tiempo de actuación...) en juego real o situaciones de entrenamiento y, además, obtener ese tipo de información para cada uno de los puestos específicos, ofensivos y defensivos.

5. Continuar aplicando la RPE tanto en juego como en entrenamiento y test para consolidar las conclusiones obtenidas en estos estudios y validarla como instrumento para conocer la intensidad del esfuerzo en jugadores de BMP

6. Aplicar el protocolo de pliometría diseñado para arena a lo largo de una temporada de BM y comparar los resultados con un entrenamiento pliométrico igual en superficie dura, comparando el nivel de daño y lesiones y las diferencias de incremento potencia en el tren inferior entre diferentes grupos experimentales.

7. Conocer el nivel de daño muscular a través de biopsias en jugadores de BMP y Bm que entrenan en arena seca con respecto a los que entrenan multisaltos en superficies rígidas.

8. Describir y comparar en número, tipo y gravedad de lesiones entre jugadores que realizan el entrenamiento en arena seca y los que no.

ANEXOS

ANEXO I: Consentimiento informado de los sujetos experimentales (mod. Estudio 2)

TESIS DOCTORAL

OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN: Medir la respuesta de la frecuencia cardíaca, la RPE y el lactato en un test de resistencia anaeróbica de 15m en arena seca; medir la velocidad de desplazamiento en 15m; medir la altura de salto en arena con y sin lanzamiento; medir la altura de salto con y sin giro antes y después de un programa de 15 sesiones de entrenamiento específico.

El objetivo principal de esta investigación es encontrar factores fisiológicos que delimitan el rendimiento en el balonmano-playa y la mejora de la potencia del tren inferior en la arena aplicada a jugadores de balonmano playa.

Para ello vamos a realizar varias pruebas a n sujetos experimentales. Estas pruebas físicas consistirán en:

- 1º) Un test de velocidad, sobre una distancia de 15m, con y sin pre-activación (en arena seca)
- 2º) Un test de saltos en arena en superficie dura (CMJ y Abalakov)
- 3º) Una prueba de resistencia en carrera progresiva de ida-vuelta (“shuttle-test”) sobre 15m, siguiendo unos ritmos marcados mediante señales acústicas, de una duración máxima de 10’ o hasta el agotamiento del sujeto.

Se registrarán los siguientes parámetros:

1. Frecuencia cardíaca, mediante de pulsómetros.
2. Percepción subjetiva del esfuerzo (RPE o Escala de Borg)
3. Lactato en sangre (basal, final de prueba y a los 3’ de recuperación)
4. Altura de salto
5. Velocidad de desplazamiento

Para el correcto desarrollo de la investigación es necesaria la colaboración de todo el personal que participe, de una forma u otra, en la misma ya que cualquier incidencia puede alterar notablemente los resultados de este proyecto.

Los resultados de esta investigación y los datos personales, serán tratados de forma confidencial.

Siendo conocedor y habiendo entendido el objetivo de este estudio, deseo participar en el mismo de manera voluntaria, para lo cual firmo lo siguiente:

Que yo, D. _____, mayor de edad, con DNI nº _____, deseo participar de manera voluntaria y en calidad de “sujeto experimental” en los test de pruebas físicas y posteriores entrenamientos que D. Pedro Bago Rascón va a realizar en la localidad de _____ durante los meses de Mayo a Junio del 2012

Firmado:

D./D^a _____, con DNI: _____ he sido informado/a de esta investigación que se va a llevar a cabo y AUTORIZO a mi hijo, D. _____, menor de edad, a participar en la misma.

Firmado:

ANEXO II: Cuestionario específico sobre aspectos deportivos y lesiones (mod. Estudio 2)

I. DATOS PERSONALES DEPORTIVOS

Nombre y apellidos				Sexo	
Fecha nacimiento		Edad		Fecha actual	
Club al que pertenece					
Puesto específico					
Categoría					
Años jugando en playa				Partidos al años	

II. DATOS RELATIVOS A LAS LESIONES DEPORTIVAS (rodea la respuesta)

1. Durante los últimos 2 años ¿has sufrido alguna lesión?

SI NO

2. ¿Cuántas lesiones has sufrido durante este entrenamiento?

3. ¿Qué tipo de lesión has sufrido durante ?

- Lesión leve (requiere tratamiento pero no interrumpe el entrenamiento)
- Lesión moderada (requiere tratamiento y obliga a interrumpir algún día el entrenamiento)
- Lesión grave (supone uno o más meses de baja deportiva e incluso intervención quirúrgica)

4. Describa brevemente el tipo de lesión que ha sufrido

5. Indique cómo se encuentra después de este ciclo de entrenamiento

- a) Me encuentro bastante cansado
- b) Me encuentro cansado
- c) Me encuentro bien
- d) Me encuentro muy bien

6. Indique si en la actualidad se encuentra lesionado después de este ciclo de entrenamiento

ANEXO III: Ficha de datos personales de los sujetos experimentales (mod. Estudio 3)

FICHA DE DATOS PERSONALES

NOMBRE: _____ DNI: _____

Club al que pertenece _____

Fecha Nto: _____ EDAD actual: _____

PESO _____ ALTURA: _____

LESIONES: _____

Horas de entrenamiento semanales en pista (incluidos los partidos): _____

Años practicando bm-playa: _____ Horas de entrenamiento/semana en arena _____

Torneos de bm-playa disputados 2013: _____ Partidos (aprox.) _____

¿Participas habitualmente en el Tour Asebap y en el Cto de España? _____

¿Con qué equipo? _____

OBSERVACIONES: _____

En _____, a ____ de _____ de _____

Firmado: _____

ANEXO IV: Entrenamiento pliométrico del Estudio 2

Semana	1	2	3	4	5
Sesión/Ejercicios	S1-S2-S3	S4-S5-S6	S7-S8-S9	S10-S11-S12	S13-S14-S15
Squat Jump + 15 m sprint	3x10	3x15	3x18	4x12	4x15
Skipping + 15 m sprint	3x10	3x15	3x18	4x12	4x15
Salto dos piernas (40-60 cm) + 15 m sprint	3x 10 Max	3x12 Max	3x15 Max	3x10 Max	4x12 Max
15m saltos dos piernas + 15 m sprint	3x10	3x10	3x12	3x12	4x10
Salto laterales (2 m) + 15 m sprint	3x10	3x10	4x10	4x10	3x15
Salto alternativos 1 pierna + 15 m sprint	3x10	3x12	3x12	3x10	3x12

ANEXO V: Entrenamiento pliométrico del Estudio 3

Semana	1	2	3	4	5
Sesión/Ejercicios	S1-S2-S3	S4-S5-S6	S7-S8-S9	S10-S11-S12	S13-S14-S15
Squat Jump + 15 m sprint	3x8	3x12	3x15	4x10	4x12
Skipping + 15 m sprint	3x8	3x12	3x15	4x10	4x12
Salto dos piernas (40-60 cm) + 15 m sprint	3x 8 Max	3x 10 Max	3x 12 Max	3x 10 Max	4x 8 Max
15m saltos dos piernas + 15 m sprint	3x10	3x10	3x12	3x12	4x10
Salto laterales (2 m) + 15 m sprint	3x10	3x10	4x10	4x10	3x15
Salto alternativos 1 pierna + 15 m sprint	3x10	3x12	3x12	3x10	3x12